Guillaume Carnino et Clément Marquet

Enquêtes sur les *datacenters*

2018 – 2022

Les *datacenters* enfoncent le *cloud*
Enjeux politiques et impacts environnementaux d'internet
Janvier 2018

Page 3

Ce nuage que je ne saurais voir
Promouvoir, contester et réguler les datacenters *à Plaine Commune*
Mai 2018

Page 44

Du mythe de l'automatisation au savoir-faire des petites mains
une histoire des datacenters *par la panne*
2019

Page 71

Cooling, quick fix et spaghetti cloud dans l'univers du datacenter
Changement d'échelle et industrialisation du numérique
2022

Page 97

Guillaume Carnino est maître de conférences en histoire des sciences et techniques. Dix-neuviémiste, il s'intéresse aux fondements épistémologiques et industriels de la technologie. Plus largement contemporanéiste, il travaille sur l'histoire de la quantification et de l'informatique, notamment des datacenters. Il a publié *L'Invention de la science. La nouvelle religion de l'âge industriel* (Paris, Seuil, 2015) et coordonné, avec Liliane Hilaire-Pérez et Aleksandra Kobiljski, *Une Histoire des techniques. Mondes, sociétés, cultures, XVI^e^-XVIII^e^ siècles* (Paris, Presses universitaires de France, 2016).

Clément Marquet est postdoctorant en sociologie au Centre Alexandre-Koyré (EHESS), sur une bourse de l'Alliance Sorbonne Université, en partenariat avec l'université de technologie de Compiègne. Ses travaux portent sur les infrastructures numériques, leur rôle dans l'aménagement urbain et leurs conséquences environnementales. Actuellement, il mène une recherche sur les enjeux politiques et économiques de la mise en chiffre de l'empreinte environnementale du numérique.

Guillaume Carnino et Clément Marquet

Les *datacenters* enfoncent le *cloud*

Enjeux politiques et impacts environnementaux d'internet

Janvier 2018

> « Je suis une citoyenne de La Courneuve. La Courneuve est une ville qui compte 37 000 habitants et je vous le dis car, pour moi, c'est un chiffre important. Dans ma rue s'est installé un datacenter qui consomme l'équivalent d'une ville de 50 000 habitants. Comme tout citoyen lambda j'ai cherché à en savoir plus, parce que je ne savais pas ce qu'était un *datacenter*. Je sais que dans le PLU [Plan Local d'Urbanisme] on avait prévu qu'on allait éviter de faire des villes du 93 qui ne reçoivent que des entrepôts, parce qu'ils n'apportent pas d'emplois de qualité pour la population. Et en fait un datacenter c'est exactement ce qu'on faisait avant, c'est-à-dire un hangar truffé de matériel informatique, numérique, et qui a besoin de climatiseurs dévoreurs d'énergie. Je vous l'ai dit, 50 000 habitants. En plus, cette entreprise stocke du matériel qui risque d'exploser – 280 000 litres [de fuel] à dix mètres de nos maisons – et cela on nous l'a instauré sans aucune concertation. […] Voilà, donc je suis venue avec ma voisine, nous, des citoyennes lambda, des mères de famille, on se préoccupe à notre âge, c'est-à-dire 50 ans passés, de savoir qu'est-ce qu'un datacenter, pourquoi il y en a cinq déjà dans la région Île-de-France, et si chacun consomme autant d'énergie, mais où va-t-on ? »

Cette intervention de Joanna [1] lors d'une conférence consacrée à la « ville intelligente », dans un univers où l'on entend généralement parler de *cloud*, de « dématérialisation », d'*open* ou de *big data*, a quelque chose de saisissant. L'internet, les échanges de données informatiques, ont une forme urbaine qui prend le nom de *datacenter* et que l'on peut localiser, entre autres, à La Courneuve. Ce sentiment diffus d'un internet constitué de réseaux

[1] Les acteurs et actrices interviewés au cours de la recherche ont été anonymisés.

de fibres optiques devient en l'espace d'une minute un problème d'urbanisme, une affaire de risques, il soulève des questions de démocratie locale et de consommation énergétique globale.

Qu'est-ce qu'un *datacenter* ? Quelles sont les dimensions politiques et sociales du stockage des données informatiques ? Bien que la thématique de la « matérialité » soit devenue un aspect important des *Science and Technology Studies*, les centres de stockage de données informatiques sont restés un point relativement ignoré des recherches sur les développements technologiques de nos sociétés. On les trouve parfois mentionnés en passant, souvent pour rappeler qu'internet est bien matériel, que son fonctionnement repose sur des quantités impressionnantes de machines éparpillées aux quatre coins de la planète, mais aussi que les technologies de l'information n'occasionnent pas la disparition des villes comme un certain nombre de prophètes ont pu l'annoncer [2]. Plus récemment ont été abordées les transformations politiques de l'internet liées au *cloud computing* [3], la consommation d'électricité et d'eau des infrastructures de données [4], ainsi que les espoirs suscités par la réutilisation de la chaleur dans les systèmes urbains [5]. Quelques travaux portent aussi sur les dimensions urbaines et géographiques. Au début des années 2000, généralement sous le nom d'hôtels télécom, les centres de stockage de données interrogent l'organisation des villes. Quelques architectes et urbanistes étudient les politiques d'attractivité et de régulation de l'usage des sols que les villes étasuniennes mènent et devraient mener [6]. En France, l'infrastructure est d'abord envisagée

[2] Stephen Graham, « Excavating the material geographies of cybercities », *in* Stephen Graham (ed.), *The Cybercities reader*, Londres, Routledge, 2004, p. 138-142.
[3] Leny Patinaux et Sacha Loeve, « Cloud Computing : l'électronique dans les nuages », *Alliage*, nº 72, 2013, p. 59-73 ; François Thoreau, « Data centers, métaphore du capitalisme », *Politique*, nº 83, 2014, p. 66-73.
[4] Fabrice Flipo, Michelle Dobré et Marion Michot, *La face cachée du numérique*, Montreuil, L'Échappée, 2013 ; Mel Hogan, « Data flows and water woes : The Utah datacenter », *Big Data & Society*, vol. 2, nº 2, 2015, p. 1-12.
[5] Julia Velkova, « Data that warms : Waste heat, infrastructural convergence and the computation traffic commodity », *Big Data & Society*, vol. 3, nº 2, 2016, p. 1-10.
[6] Kazys Varnelis, « Towers of concentration, lines of growth », 2002, conférence [lien consulté le 3 novembre 2017] ; Jennifer S. Evans-Cowley, Edward J. Malecki et Angela McIntee, « Planning Responses to Telecom Hotels : What Accounts for Increased Regulation of Co-location Facilities ? », *Journal of Urban Technology*, vol. 9, nº 3, 2002, p. 1-18.

en 2003 sous l'angle d'une géographie des biens immobiliers [7], puis en 2013 d'une géographie des réseaux [8], analysant notamment les facteurs de localisation orientant les choix d'implantation des opérateurs de *datacenters*.

Comme on peut le constater par ce rapide tour d'horizon, les études sur ces infrastructures de l'internet sont très peu nombreuses [9]. Pourtant, après quelques années d'une enquête toujours en cours, le sujet nous semble d'une grande richesse mais aussi d'une importance capitale dans la compréhension que nous pouvons avoir des transformations que nos sociétés sont en train de vivre. Les données informatiques et les infrastructures qui assurent leur circulation et leur traitement prennent une place considérable dans les organisations économiques et sociales contemporaines. Les transactions économiques, le trafic aérien, le fonctionnement des usines, la gestion des réseaux d'eau, d'électricité, l'utilisation des *smartphones* et du *Web* reposent toujours davantage sur des flux de données qui sont stockés et traités dans équipements éloignés de leur lieu de consommation. Les *datacenters* sont une des conséquences directes de l'utilisation toujours accrue des technologies de l'information. Si les études présentées auparavant sont dispersées (tant par les aspects étudiés que par les disciplines d'approche), nous proposons ici un état des lieux qui esquisse quelques-unes des problématiques nous semblant, de façon non exhaustive, pouvoir être rattachées à la question des *datacenters*.

L'article se divise en trois parties. Un premier temps est consacré aux enjeux de qualification des *datacenters*. Nous traversons de trois manières, d'abord, en retraçant l'émergence historique de ce qui nous semble être un processus de rationalisation des espaces

---

[7] Clément Jacquin, « Les services d'hébergement internet en France, » *Netcom* [en ligne], vol. 17, nº 1-2, 2003, p. 23-44 ; Bruno Moriset, « Les forteresses de l'économie numérique. Des immeubles intelligents aux hôtels de télécommunications », *Géocarrefour* [en ligne], nº 78 (4), 2003.

[8] Henry Bakis, « Les facteurs de localisation d'un nouveau type d'établissements tertiaires : les datacentres », *Netcom*, vol. 27, nº 3-4, 2013.

[9] Nous ne référençons qu'une quinzaine d'articles en sciences humaines traitant spécifiquement d'un aspect au moins des *datacenters*. À titre d'exemple comparatif, la base de données scientifique *Jstor* [jstor.org] recense (au 18 novembre 2017) 6 389 références qui mentionnent l'expression « *cloud computing* » au moins une fois, 194 335 pour « *internet* », 277 820 pour « *big data* », 289 640 pour « *software* », 376 160 pour « *web* » et… 113 pour « *datacenter* ».

connectés de stockages de l'information, ensuite en montrant les controverses et enjeux de régulation de ces infrastructures lors de leur implantation en zone urbaine, puis en soulignant que la structuration d'une filière défendant les intérêts des infrastructures de données n'est apparue que récemment. Nous analysons dans une deuxième partie la promesse de sécurité faite par les *datacenters* à leurs clients, à l'aune des visites d'infrastructure que nous avons pu réaliser. Il en ressort notamment une tension entre les démonstrations d'une sécurité garantie par la prouesse technologique et le travail quotidien des petites mains devant maintenir la continuité de service de l'infrastructure. Un dernier temps permet de discuter les indicateurs au travers desquels les *datacenters* rendent lisibles les questions de sécurité et de performance énergétique. Nous prêtons alors une attention particulière aux conséquences écologiques des développements de l'informatique.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, il nous faut ajouter une dernière précision : enquêter sur le phénomène des *datacenters* n'est pas toujours simple, puisque, à l'instar d'autres terrains d'accès difficile, il n'est guère aisé de pénétrer en ces lieux où la sécurité est parfois de niveau militaire. Nous avons donc tenté d'en passer par tous les expédients possibles afin de quadriller au mieux notre sujet : visites d'infrastructures en qualité de chercheurs (mais parfois aussi en tant qu'enseignants accompagnant un groupe d'étudiants ingénieurs voulant perfectionner leur culture technologique – un alibi non dénué de véracité au demeurant), collecte de la documentation disponible *in situ* et en ligne, ethnographie de salons professionnels, entretiens avec des salariés ou consultants du domaine, dépouillement de quelques revues internes au milieu et participation à des conférences à destination de la profession. Si notre analyse s'enracine souvent dans des situations observées en Île-de-France, l'étude porte sur un secteur d'activité national entretenant des relations fortes avec des institutions internationales.

Avènement et qualification d'une industrie émergente

Datacenters : définitions et typologie

Les *datacenters* sont des sites physiques dans lesquels sont concentrés des équipements informatiques et les dispositifs technologiques nécessaires à leur fonctionnement en continu (bâti et conduites pour câbles, climatisation, filtration de l'air, distribution de l'énergie, système d'alerte incendie et d'extinction, dispositif de surveillance par caméras et/ou capteurs, entrées et sorties réseau, sécurité physique du site, etc.). La partie « ordinateurs » est généralement appelée *IT* (pour « *information technology* », prononcé à l'anglaise : « aïe-ti »), et l'ensemble (*IT* et hors-*IT*) est invariablement regroupé sous la nomenclature d'*infrastructures* (les « infras », dans le jargon du métier). Selon les estimations, il s'agirait de plusieurs centaines de milliers – voire millions – de mètres carrés sur le territoire français, répartis selon différents types d'opérateurs.

Cependant, si le terme est devenu usuel, les *datacenters* sont loin d'être une réalité homogène. Les infrastructures regroupées sous ce terme ainsi que les acteurs comme les marchés qui y ont recours sont d'une grande variété, si bien que nous avons pu, à certains moments de l'enquête, nous interroger sur l'extension de la définition d'un tel objet. En effet, le terme peut être utilisé autant pour désigner 30 m² de salle informatique dans les universités de Jussieu ou de Brest que les 20 000 m² d'*Interxion* à La Courneuve ou les 330 000 m² d'*Apple* dans l'Oregon aux États-Unis. Sans mentionner les 6,3 millions de m² du plus grand *datacenter* du monde en activité à proximité de la ville de Langfang, en Chine [10].

Le point commun de ces différents espaces nous semble tenir à l'effort permanent de rationalisation des espaces de stockage des données informatiques en vue d'optimiser le fonctionnement des ordinateurs. Un commercial nous explique avec fierté : « *On est un peu la cave de l'internet, et si la cave s'effondre, tout s'effondre.* » Selon le consultant senior Jérémie, cette rationalisation se situe au croisement de deux histoires. On trouve d'abord l'histoire de

[10] Lien [consulté le 8 juin 2017].

l'informatique bancaire. Dans les années 1960, les banques s'équipent d'ordinateurs massifs assistant la gestion des comptes. Ces machines de calcul occupent des espaces de plus en plus importants au fil des années et sont regroupées dans d'immenses Centres de traitement de l'information (CTI). Cependant, les grèves du personnel des années 1970 soulignent la fragilité de ces espaces critiques pour le fonctionnement des banques [11]. C'est pourquoi les banques vont opérer ensuite un double mouvement de dispersion des sites de traitement de l'information, mais aussi de production de copies des bandes informatiques circulant d'un site à l'autre. Certains sites, tels le CTI de Dinand, sont soumis à des mesures de sécurité qui constituent les prémices des *datacenters* actuels : « *alimenté par trois groupes électrogènes en cas de coupure EDF, avec les cuves à mazout et le refroidissement nécessaire par l'eau puisée dans la nappe phréatique, il peut fonctionner en autonomie complète pendant plusieurs semaines* » (*ibidem*, p. 107). Au fil des années, les espaces sont de plus en plus standardisés : « *on a entrepris de dissocier les opérateurs et les techniciens* » (*ibidem*, p. 106). Dans les années 1990, les réseaux intranet sont articulés à l'internet naissant.

Cette histoire se répète aujourd'hui, par exemple, pour les universités. De plus en plus d'universités voient leur salle informatique croître et rencontrer des questions de sécurité menaçant tant le bon fonctionnement des ordinateurs que la santé des employés. Ainsi, lors de la visite d'un *datacenter* flambant neuf d'une université de province, le directeur nous explique qu'avec l'ancienne salle des machines, située au premier étage, au-dessus de l'accueil, « *fabriquée en 1995, on était au bout du bout* » [12]. Non seulement la salle était dangereuse pour les employés qui devaient gérer par eux-mêmes la sécurité incendie en bricolant des capteurs ad hoc et en ouvrant les fenêtres pour refroidir, mais encore la salle était vulnérable aux risques sociaux : « *Y'avait des grèves, j'avais toujours peur avec la salle machine.* […] *Une fois ils sont arrivés avec une masse pour casser la porte.* » (*ibidem*) Face aux universités qui demandent des financements pour rénover leur salle informatique, l'État est lui aussi en train d'envisager de possibles concentrations des infrastructures. Les infrastructures rationalisées des

[11] Pierre Mounier-Kuhn, *Mémoires vives. 50 ans d'informatique chez BNP Paribas*, Paris, BNP Paribas, 2013.
[12] Extrait de carnet de terrain, visite du 16 février 2017.

datacenters coûtant des millions, on ne peut en effet imaginer que chaque université transforme sa salle informatique en bâtiment industriel de stockage *high-tech*. Le CNRS envisage ainsi de comptabiliser les salles de serveurs existant localement dans l'Enseignement Supérieur et la Recherche pour « rationaliser et optimiser leur fonctionnement », c'est-à-dire concentrer les infrastructures. Cette concentration serait un moyen de « séparer la science du béton » : permettre aux chercheurs de poursuivre leur activité sans avoir à se soucier de la climatisation et des conditions d'hébergement des serveurs et calculateurs. Cette transformation actuelle nous semble rejouer en partie les dynamiques économiques, sécuritaires et de division du travail dont a été l'objet le travail de l'information dans les banques dans les années 1970, puis dans les entreprises face au développement de l'internet dans les années 1990 puis 2000.

Ces mouvements de rationalisation des infrastructures ne rendent cependant pas compte du mouvement de concentration des sites autour des villes. Bien souvent, les grands *datacenters* privatifs, qu'ils appartiennent aux sociétés de grandes distributions, aux banques, aux grands noms de l'internet (les GAFAM [13]) se situent dans les campagnes, profitant d'hectares de terrains peu chers. Dans les années 1990, avec le développement de l'internet sont apparus de nouveaux acteurs dans l'immobilier urbain. Internet est un réseau de réseaux dont le fonctionnement repose entre autres sur les espaces dans lesquels les réseaux s'interconnectent. Pour faire simple, les réseaux sont détenus par des opérateurs de télécommunication (par exemple, en France, *Orange*, *Altice*, *Bouygues Télécom* et *Free*, qui appartient au groupe *Iliad*) dont les partenariats permettent l'échange d'un réseau de données à un autre. Par souci d'économie, plutôt que de développer des compétences internes en développement informatique et gestion des données, de nombreuses entreprises ont recours à des hébergeurs assurant la maintenance des serveurs et la qualité de la connexion informatique. Ces hébergeurs tendent à se situer dans les mêmes locaux que les opérateurs de télécommunication, de sorte à garantir à leur client une circulation de données au plus haut débit possible. Avec la multiplication des serveurs dans les

[13] Renvoyant à *Google*, *Amazon*, *Facebook*, *Apple* et *Microsoft*, l'acronyme GAFAM désigne les plus grandes entreprises du numérique.

années 1990, ces espaces souvent situés en ville ont pris le nom d'« hôtel télécom ». Pour éviter la dépendance trop forte à un opérateur en particulier, des acteurs tiers ont développé un marché appelé « colocation neutre » garantissant aux clients l'égal accès à l'ensemble des réseaux [14]. Les enjeux d'accès au réseau et de rapidité dans l'échange de données participent à la concentration des infrastructures dans les zones urbaines, les différents acteurs s'installant souvent à proximité les uns des autres.

Le *datacenter* se situe ainsi à la croisée de ces deux histoires, celle des espaces de stockage d'information au fonctionnement ultra-rationalisé, et celle de la mise en réseau des machines nécessitant d'avoir à disposition une multiplicité d'accès télécom. Aux exigences de sécurité s'ajoutent les attentes en termes de gain économique grâce à la concentration des infrastructures. Le marché des *datacenters* se divise ainsi selon plusieurs modalités, des services de *cloud computing* à l'hébergement du système d'information d'entreprises clientes dans un contexte sécurisé. Les acteurs proposent des typologies de *datacenters* en fonction de leur taille : *pico*, *meso* et *mega* [15] *datacenters*. Ces différentes superficies d'activité *IT* et de stockage des données correspondent à des activités économiques différentes. Ainsi, les *megadatacenters* appartiennent généralement aux géants du *Web*, et vont concerner le stockage de leurs propres données, des contenus *Web* tels que les vidéos (très gourmandes en espace et en puissance) ou encore les services de type *cloud computing*. Les *datacenters* urbains sont plus généralement dans les catégories *meso* ou *pico*, devant s'insérer dans les aménagements existants, et concernent des données ayant davantage besoin de la proximité des nœuds de réseau internet, de sorte à réduire au maximum les temps de latence dans l'échange d'informations avec les places de marché pour les banques et les assurances ou avec les consommateurs de contenu pour les publicités et les jeux vidéo.

Parmi ces différents marchés autour d'une industrie peu encline à communiquer, nous présentons ici principalement le segment de la « colocation neutre ». Ce sont majoritairement les *datacenters*

[14] Pour un récit plus détaillé, voir Bruno Moriset, *op. cit.*

[15] Cette typologie est reprise aux présentations des opérateurs et consultants en *datacenters* réalisées dans le cadre des rencontres professionnelles sur lesquelles nous revenons par la suite.

proposant les services de colocation qui s'installent dans les métropoles et leurs banlieues mais ce sont aussi eux qui communiquent le plus, par nécessité commerciale, sur leur activité et sur leur localisation.

Les *datacenters* sont donc avant tout des bâtiments, carapaces physiques de l'accumulation des données informatiques. Répartis aux quatre coins de la planète, en des lieux plus ou moins exotiques, tels que des fjords finlandais, des barges dans la baie de San Francisco, des grottes dans le Loiret ou d'anciens sites de lancement de missiles, c'est avant tout dans les banlieues des grandes métropoles et en zones urbaines qu'ils se multiplient.

Si leur présence passe inaperçue, c'est que les bâtiments n'affichent généralement pas de signes distinctifs. Ainsi, en zone urbaine, les *datacenters* se présentent sous des enveloppes très variées : immeubles haussmanniens dans Paris (comme *Zaio*, rue Poissonnière, ou *Telehouse*, boulevard Voltaire), entrepôts réfrigérés dans le sud de Paris (*Colt*, dans la zone industrielle des Ulis), anciens centres de tri postal (*Digital Realty* à Saint-Denis, on notera la portée symbolique d'un tel changement d'activité), Henry Bakis note aussi des « *usines désaffectées (*Google *à Hamina*, OVH *à Roubaix, Gravelines et Beauharnois)* [et] *des conteneurs aménagés posés sur un parking (*OVH *à Strasbourg)* »[16]. Lorsque les hébergeurs ne réutilisent pas un immeuble ou un entrepôt désaffecté, ils produisent de grands bâtiments, généralement aux façades aveugles tels *Telecity Group* à Aubervilliers, *Interxion* à La Courneuve ou le *datacenter* d'une université qui tient à rester anonyme[17]. « *C'est pour ça qu'on s'appelle la boîte noire* », nous fait-on remarquer pendant la visite d'un *datacenter* aux façades sombres et aux rares fenêtres.

On remarquera que c'est d'abord au travers de questions relatives aux réglementations de l'utilisation des sols[18] et sur des problématiques immobilières[19] que ces infrastructures ont été approchées par les sciences sociales. Le *datacenter* mentionné en

[16] Henry Bakis, « Les facteurs de localisation d'un nouveau type d'établissements tertiaires », *art. cit.*
[17] Visite accordée sous condition de confidentialité.
[18] Jennifer Evans-Cowley, Edward J. Malecki et Angela McIntee, « Planning Responses to Telecom Hotels », *art. cit.*
[19] Bruno Moriset, « Les forteresses de l'économie numérique », *op. cit.*

introduction se situe sur la communauté d'agglomération de Plaine Commune, au nord de Paris. Ce territoire se trouve en 2015 dans une situation remarquable, il s'agit de la première concentration européenne de centres de données : « *On en recense aujourd'hui une quinzaine, pour une surface totale de l'ordre de 180 000 m²* » [20]. La concentration inédite de ces bâtiments sur le territoire n'est cependant pas sans conséquences. En quelques années, cette infrastructure urbaine relativement invisible, dont des architectes ont pu dénoncer « l'occupation furtive du territoire » [21] devient l'objet d'attentions diverses. Riverains, élus et services techniques se saisissent progressivement d'un objet qui leur était auparavant tout à fait inconnu. Les conflits qui s'ensuivent sont si violents que le sujet devient tabou au sein de l'administration.

La territorialisation du numérique

Les manières de rendre visibles les datacenters sur le territoire de Plaine Commune peuvent être éclairantes à plusieurs égards. Les infrastructures urbaines ont largement été étudiées [22] sous l'angle des effets structurants propres aux phénomènes de privatisation [23] ou des conséquences sociales découlant de pannes et effondrements [24]. En deçà d'un tel niveau de généralité, notre enquête permet cependant d'observer les processus locaux qui accompagnent une implantation [25] et témoignent de l'expérience que font localement les acteurs urbains d'objets mal connus, dont les dimensions politiques s'actualisent au gré des acteurs qui cherchent à les promouvoir, les contester ou les réguler. Ainsi, nous proposons de retracer les grandes lignes de la dynamique qui a conduit à la publicisation de la situation des *datacenters* sur le territoire de Plaine Commune.

---

[20] Daniel Thépin et Olivier Paugam, « Les datacenters en Île-de-France, un essor sous contrainte ? », *Note Rapide IAU-IDF*, nº 680, avril 2015.
[21] Kazys Varnelis, « Towers of concentration, lines of growth », 2002, *art.cit.*
[22] Susan Leigh Star, « The ethnography of infrastructure », *American Behavioral Scientist*, vol. 43, nº 3, 1999, p. 377-391.
[23] Simon Marvin et Stephen Graham, *Splintering urbanism*, Londres, Routldege, 2001.
[24] Stephen Graham (ed.), *Disrupted Cities : When Infrastructure Fails*, NewYork, Routledge, 2010.
[25] Brian Larkin, « The politics and poetics of infrastructure », *Annual Review of Anthropology*, 2013, vol. 42, p. 327-343 ; Stephen Graham et Colin McFarlane (eds.), *Infrastructural lives*, New York, Routledge, 2015.

En 2008, alors que le Parti socialiste prend la tête de la mairie d'Aubervilliers, fief historiquement communiste, Bernard est nommé 3e adjoint au maire en charge de l'urbanisme et aménagement, de la rénovation urbaine, du développement durable et du développement économique. Peu de temps après son accès aux responsabilités, il découvre l'existence des centres de données :

> « On s'est retrouvé avec cinq six datacenters sur Aubervilliers et personne n'en parlait. […] Je me suis retrouvé à inaugurer un datacenter que je ne connaissais pas, je ne savais pas ce que c'était que les datacenters en 2008 moi, mais par contre ma culture et ma curiosité ont fait que je me suis demandé "c'est quoi un datacenter ?" » [26]

Cette ignorance au sujet des *datacenters* est symptomatique de la situation de la grande majorité des élus et des maires. La journaliste de *Mediapart* Jade Lindgaard, qui a aussi mené une enquête en 2013-2014 sur le sujet [27], confirme que bien des responsables politiques locaux interrogés ne savent pas ce qu'est un *datacenter*. L'intérêt particulier de l'expérience de Bernard est que l'élu va au-delà de la simple découverte. Rencontrant des consultants en *datacenter*, il devient vite promoteur de cette infrastructure urbaine qui lui semble être utile à une requalification du territoire : d'une part, les *datacenters* permettraient selon lui de « pacifier le territoire », de par leur superficie importante (5 000 m^2 à 10 000 m^2 à Aubervilliers), leurs façades aveugles, ainsi que les grilles et caméras de sécurité qui les entourent ; d'autre part, ils constituent alors une manne financière non négligeable pour les collectivités, ce qui a contribué à entretenir l'ignorance des élus dans les années qui précédaient [28]. La visibilité des *datacenters* semble ainsi se limiter à leur rentabilité économique.

Cependant, la démarche proactive de Bernard rencontre très vite des obstacles. D'abord, Enedis (à l'époque encore ERDF) informe l'élu que la présence des *datacenters* entraîne une saturation énergétique du territoire. En effet, les opérateurs réservent d'importantes quantités de puissance électrique auprès d'Enedis pour anticiper le fonctionnement à plein de leur infrastructure, ce

[26] Entretien avec Bernard, le 19 mai 2015.
[27] Voir les trois articles : Jade Lindgaard, « L'envers des *datacenters* », *Mediapart*, 5, 7 et 10 août 2014, lien [consulté le 20 novembre 2017].
[28] Entretien avec Thibaud, Directeur du développement économique de Plaine Commune, 26 juin 2015.

qui requiert de construire d'autres postes sources, coûteux aménagements électriques qui se planifient généralement des années à l'avance à l'échelon national d'Enedis. Pour résoudre ce problème, l'élu fait pression sur la communauté d'agglomération, et commande un article dans *Le Parisien* [29] afin d'insister sur l'urgence de la situation – qu'il qualifie de « *risque de pénurie énergétique* » – et de valoriser les enjeux de développement économique relatifs à un territoire sinistré comme Aubervilliers. Si l'élu obtient gain de cause à long terme auprès d'Enedis, l'article suscite plus d'attention qu'il ne l'aurait souhaité.

En effet, à Aubervilliers et à La Courneuve, des riveraines s'interrogeant sur les projets d'installation de deux *datacenters* trouvent dans les articles du *Parisien*, puis du *Monde*, de nombreux éléments qui alimentent leurs doutes [30]. Elles se tournent alors vers leurs élus, manifestant notamment des inquiétudes concernant la consommation énergétique de ces bâtiments et s'interrogeant sur les emplois locaux qu'ils pourraient créer. Alors que les informations glanées sur internet indiquent que les *datacenters* ont besoin de peu de personnel *in situ* (ayant ainsi un très faible ratio emploi/m^2 occupés), un journal local annonce que le bâtiment de La Courneuve comprendra 300 ou 400 bureaux [31]. Par ailleurs, ce *datacenter* est, de par sa superficie et les cuves de fioul qui y sont stockées (nous reviendrons par la suite sur ce point), une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE), ce qui contribue à alimenter les craintes des riveraines. Leurs questions sont cependant repoussées sans ménagement, avec des formules telles que « *c'est soit le* datacenter, *soit votre* smartphone » [32]. Ces interrogations sur la consommation énergétique et l'emploi produisent progressivement de l'agitation dans l'administration de Plaine Commune. Suite à l'abrogation de la Taxe Professionnelle en 2009, les revenus des collectivités liés aux *datacenters* diminuent drastiquement.

[29] « La pénurie d'énergie menace les *datacenters* », *Le Parisien*, 14 avril 2011.
[30] « Les "datacenters", de vraies usines électriques », *Le Monde*, 7 juillet 2011 ; et « Centres de données numériques : l'ogre énergétique », *Le Monde*, 7 juillet 2011 ; Joanna présente ces articles lors des entretiens réalisés par Clément Marquet (15 mars 2015 et 8 avril 2016).
[31] « Précieuses données », *En Commun*, nº 79, décembre 2011-janvier 2012, p. 7.
[32] Entretien avec Joanna, 13 mars 2015.

Dans l'objectif de clarifier la situation, des rapports sont commandés la même année par le Service à l'écologie urbaine concernant, d'une part, la fiscalité et l'emploi (le rapport est réalisé par des services internes [33]) ; d'autre part, les enjeux environnementaux (ce deuxième rapport est produit par l'Agence locale énergie climat [ALEC] de Plaine Commune, considérée comme étant une institution indépendante [34]). L'enquête s'avère difficile pour les deux équipes, les *datacenters* n'ouvrent pas aisément leurs portes et fournissent généralement des informations floues au prétexte de la confidentialité de leur activité et de leurs clients. Les équipes passent par des voies détournées pour constituer les rapports (ainsi Dalkia, EDF, ERDF et GRDF sont sollicités par l'ALEC pour clarifier le fonctionnement et la consommation énergétique). La présentation conjointe des rapports lors d'une session fermée du bureau de Plaine Commune alimente le clivage entre les promoteurs et les opposants. Les représentants politiques ne parviennent à s'accorder pour définir une politique commune. Les *datacenters* deviennent un tabou dans la Plaine.

Lors des entretiens réalisés en 2015-2016, les élus comme les services techniques sont réticents à aborder ces dissensions, « *les plaies sont encore ouvertes* » [35]. Là où certains affirment que la période d'installation des *datacenters* est révolue, qu'il s'agissait « d'un effet d'aubaine » [36] pour les opérateurs lié à la particularité du territoire (forte disponibilité foncière et énergétique), d'autres maintiennent l'ambition d'une politique susceptible d'accompagner et d'améliorer leurs conditions d'installation. Par exemple, selon Thibaud, directeur du développement économique à Plaine Commune, il conviendrait d'améliorer leur insertion urbaine en les incitant à produire des façades plus esthétiques et en profitant de l'importante chaleur qu'ils génèrent en raison de l'activité des ordinateurs pour les connecter à différents espaces : serre, habitat collectif, piscine [37]. Cependant, les opérateurs ne se montrent pas

[33] Cette note est confidentielle, nous n'avons pas pu nous la procurer.
[34] ALEC, « Les *data centers* sur Plaine Commune », Note d'avis, août 2013.
[35] Entretien avec Thibaud, 26 juin 2015.
[36] Michel Bourgain, Vice-Président à l'écologie urbaine de Plaine Commune, PV du conseil communautaire, 25 juin 2013.
[37] À ce sujet, voir la troisième partie de l'article ainsi que Julia Velkova, « Data that warms », *art. cit.*

toujours friands de ce type d'interconnexion. Présent en 2013 lors de la réunion publique de restitution du rapport de l'ALEC qui préconise ce type de solution, Fabrice Coquio, Président d'*Interxion* [38], manifeste ses réticences : « *la mission première d'un* datacenter *n'est pas de chauffer Madame Michu mais d'assurer une continuité de service aux entreprises* » [39]. La « continuité de service » – c'est-à-dire le fait de garantir aux clients le minimum possible d'interruption dans la disponibilité de leur information *via* internet – est en grande partie la raison d'exister des *datacenters*. C'est, avec la sécurité des données, le socle de l'offre qui est faite aux clients. Selon F. Coquio, les technologies actuelles de gestion des réseaux de chaleur ne sont pas encore assez stables pour garantir qu'il n'y ait pas de répercussion sur le fonctionnement du *datacenter*. Enfin, pour Thibaud, un combat serait à mener avec les pouvoirs publics sur la fiscalité :

> « Ils étaient catégorisés comme entrepôt. Ce qu'ils ne sont pas. Ou alors des entrepôts très particuliers. Et ils sont toujours dans cette catégorie-là. On a croisé le fer avec les services fiscaux sur cet aspect-là, en essayant de faire admettre aux services fiscaux qu'il faut créer une catégorie particulière, spécifique. On peut appeler ça un entrepôt, mais c'est pour moi un entrepôt *high-tech*. On ne stocke pas des palettes quoi. » [40]

Cette question de la qualification des *datacenters* nous semble d'un grand intérêt. Historiquement, ces infrastructures sont considérées comme des bâtiments tertiaires. C'est ainsi que les géographes les décrivent encore, par exemple Henry Bakis parle de « *l'hébergement : une nouvelle activité de service* » [41]. Or, le processus de concentration des serveurs et de rationalisation des espaces de stockage de l'information semble avoir changé la nature même du type d'activité qui y est pratiqué. Jérémie, consultant senior et gérant de *Critical Building*, bureau d'étude spécialisé dans les *datacenters*, décrit cette ambiguïté :

> « Les services fiscaux disposent d'indicateurs pour savoir si un immeuble est plutôt un immeuble industriel ou un immeuble de

[38] *Interxion* est un fournisseur européen de services de datacenters de colocation.
[39] Extrait issu de Marylène Lenfant, « Les *data centers* dans le collimateur de Plaine Commune », *Journal de Saint Denis*, 21 novembre 2013.
[40] Entretien avec Thibaud à Plaine Commune, 26 juin 2015.
[41] Henry Bakis, « Les facteurs de localisation d'un nouveau type d'établissements tertiaires », *art. cit.*

> bureaux : notamment ils disposent de la hauteur des étages, de la résistance des dalles, etc. Évidemment si j'ai six mètres à chaque niveau et que je peux mettre deux tonnes par mètre carré, c'est sûrement pas pour mettre des studios, c'est pour pouvoir mettre du lourd. Donc les services fiscaux ont des instructions. On est une industrie, on utilise des bâtiments à usage industriel, on est soumis à l'ICPE et les mairies nous reconnaissent comme potentiellement perturbateurs par ce caractère industriel. À côté de ça, au sens de la réglementation et fiscalement parlant, on est du tertiaire. Donc on n'est pas reconnu comme une industrie. » [42]

Cette situation ambivalente a d'importantes conséquences notamment sur l'attribution des espaces fonciers aux opérateurs par les mairies, qui peuvent refuser ou accepter la présence d'un *datacenter* sur un terrain industriel ou tertiaire. Cette difficulté de qualification fait état d'un phénomène bien connu en histoire industrielle, à savoir le fait qu'une massification modifie l'essence des procédés mis en œuvre [43] : pour le dire autrement, une transformation quantitative aboutit à une rupture qualitative dans la nature même de l'activité.

La controverse des *datacenters* à Plaine Commune nous semble agir comme révélateur de l'émergence d'une nouvelle infrastructure industrielle liée à la prolifération des *smartphones*, de la gestion des données informatiques par les entreprises et administrations, et des services de *cloud computing.* Sa publicisation à Plaine Commune est liée entre autres choses à la saturation qu'elle provoque dans l'approvisionnement énergétique du territoire, bouleversant l'organisation des réseaux d'approvisionnement électrique établie par Enedis à l'échelle nationale. La confrontation du territoire à cette industrie est l'occasion d'une production inédite de savoir à son égard, notamment par le rapport de l'ALEC, qui est unique en son genre, et sert de source à de nombreux acteurs publics cherchant à comprendre le fonctionnement des *datacenters*. L'expérience de Plaine Commune a attiré l'attention des agences d'aménagement du territoire, comme l'IAU-IDF, qui interpelle en 2015 les pouvoirs

[42] Entretien avec Jérémie, consultant senior Critical Building, 29 avril 2016.
[43] Michael Thad Allen et Gabrielle Hecht (eds.), *Technologies of Power : Essays in Honor of Thomas Parke Hughes and Agatha Chipley Hughes*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 2001.

publics pour calibrer l'approvisionnement énergétique du Grand Paris à l'horizon 2030 [44].

Comme nous allons le voir, les développements économiques récents du marché des *datacenters*, mais aussi les épreuves que rencontrent les opérateurs vis-à-vis des territoires ou du marché de l'énergie, poussent les opérateurs à s'organiser en filière pour faire valoir leurs intérêts.

Un marché en plein boom

Ce marché de l'hébergement informatique a connu, au début des années 2000, les affres de la bulle « .com ». Quelques années plus tard, le marché du numérique se porte bien à l'échelle mondiale, mais aussi française [45]. Au sein de cette nébuleuse, les infrastructures du *Cloud* ont à nouveau le vent en poupe : en 2015 et 2016, la croissance des investissements liée aux *datacenters* était le seul poste positif envisagé sur les deux années par le cabinet Gartner (170 milliards de dollars soit +1.8% en 2015 et 175 milliards soit +3.0 % en 2016 [46]), là où les autres secteurs (logiciels, appareils, services) se profilaient négatifs sur l'une ou l'autre des années. Comme le résume un commercial interrogé : « *On subit pas la crise dans ce secteur.* » [47] S'il est difficile d'obtenir des chiffres détaillés lors des entretiens, car le marché étant concurrentiel, ces informations sont stratégiques et généralement non divulguées, quelques éléments corroborent le fait que le domaine est en plein *boom* : l'une des entreprises visitées est valorisée à 4 milliards de dollars et appartient au patrimoine de la seconde fortune d'Angleterre, « *juste après celle de la Reine* », insiste notre interlocuteur. Un classement datant du mois de février 2017 [48] fait de la France le quatrième pays au monde du point de vue de son parc de *datacenters*, avec 244 installations, derrière les États-Unis

[44] « À l'horizon 2030, selon la direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie (DRIEE), les *datacenters* devraient représenter à eux seuls le quart de l'augmentation des besoins en énergie du Grand Paris, soit 1 000MW sur un total estimé entre 3 000MW et 4 000MW (+20 %). »
[45] Ministère de l'Économie et des Finances, Chiffres clés du numérique, 2016 : lien [consulté le 18 mai 2017].
[46] « Gartner Says Worldwide IT Spending is Forecast to Grow 0.6 Percent in 2016 », *Gartner.com*, 18 janvier 2016, lien [consulté le 18 mai 2017].
[47] Visite de *datacenter* en région parisienne, novembre 2014.
[48] « Paris dans le top 5 mondial pour les infrastructures d'hébergement internet », *Zdnet.fr*, 25 février 2017, lien [consulté le 18 mai 2017].

(2092), le Royaume-Uni (405) et l'Allemagne (342). Les estimations corroborent cette évolution, puisque la tendance serait à l'externalisation de tous les services *IT* des entreprises vers le *cloud* [49]. Ce ne sont plus seulement les acteurs du *Web* ou les institutions financières, militaires et gouvernementales qui se voient largement intégrés aux infrastructures numériques, mais bien l'ensemble de l'économie mondiale, engendrant du même coup l'un de ses secteurs les plus dynamiques. Le modèle économique se révèle au détour des propos d'un commercial : « *Notre métier, c'est de transformer un investissement en loyer* ». Il s'agit en effet de proposer aux entreprises de reprendre une partie de leurs coûts informatiques – stockage de données et puissance de calcul (jadis intégrés dans des plans d'investissement, et non de fonctionnement, avec achats de machines et embauche d'informaticiens pour les gérer) – pour les transformer en rente locative côté *datacenter*.

En amont, cela nécessite une certaine assise économique, puisqu'il s'agit d'implanter une infrastructure sur un site avant que celle-ci ne soit en capacité de maximiser son taux d'occupation ; mais en aval, cela assure une manne financière considérable, puisqu'il ne peut guère y avoir de retour arrière (au pire, le client, insatisfait, change d'opérateur de *datacenter*, mais le modèle perdure). Il y a là l'instauration d'une sorte de *cliquet d'irréversibilité*, au sens de Régis Debray [50], ou de dépendance du sentier ou *lock-in* [51], c'est-à-dire que l'univers numérique engendre un macrosystème qui possède une inertie de plus en plus importante, et trace une trajectoire technologique dotée d'un élan considérable (ce que l'historien des techniques Thomas P.Hughes nomme « *momentum* » [52]). Un directeur le formule à sa façon :

[49] « 8,6 millions de datacenters dans le monde en 2017 », *HI !*, lien [consulté le 18 mai 2017] ; la plaquette commerciale de l'opérateur indique la répartition suivante de sa clientèle : 62,7 % sont des fournisseurs de cloud, 13,8 % sont dans le secteur des télécommunications, 10,8 % dans celui des banques et de la finance, 7,1 % concernent des activités liées à la santé, 3,6 % touche à l'énergie et 2 % les media et la communication.

[50] Régis Debray, *Cours de médiologie générale*, Paris, Gallimard, 2001 [1991].

[51] Jaron Lanier, *You are not a gadget : A manifesto*, New York, Knopf, 2010.

[52] Thomas P. Hughes, « Technological momentum in history : Hydrogenation in Germany, 1898-1933 », *Past and Present*, nº 44, 1969, p. 106-132 ; id., « Technological momentum », *in* Merritt Roe Smith et Leo Marx (eds.), *Does technology drive history ? The dilemma of technological determinism*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 1994, p. 101-113.

« *Plus on avance, plus la machine s'emballe.* » L'organisation de la toile numérique mondiale aboutit peu à peu à transformer une économie de la propriété en économie de la location – autrement dit de l'*accès*, ce qu'envisageait Jeremy Rifkin dès 2000 [53].

L'univers du réseau est souvent présenté comme étant dénué de centre, et du même coup rétif aux tentatives de contrôle autoritaire. Dans les faits, comme l'avait noté dès 2006 Bernard Benhamou, l'inverse se produit [54] : on voit se constituer des nœuds qui deviennent de puissants points de cristallisation du réseau, et sont structurellement indéboulonnables. L'imaginaire du désintéressement et de la collaboration gratuite et collective ne semble d'ailleurs pas constituer l'éthos du métier, comme nous le révèle un gestionnaire de site : « *les clients n'aiment pas partager, en général » – alors qu'un de ses confrères nous glisse que «* [les] *clients sont paranoïaques* ». D'ailleurs, lors d'une conférence au salon *Solutions Datacenter Management* [55], un expert présente ce qu'il analyse comme étant l'une des raisons du succès des opérateurs de *datacenters*, à savoir le fait qu'ils permettent d'accroître le rendement des entreprises classiques, dont le cœur de métier consisterait, bien loin du discours lénifiant sur l'innovation comme fondement de la croissance, à « *produire, facturer, vendre* ».

Cette logique en vient même à se redoubler, puisque les acteurs publics ayant implanté un *datacenter* découvrent, une fois leur phase d'installation initiale terminée, qu'ils disposent d'un outil parfaitement adapté aux besoins du marché, et qu'il serait logique d'offrir leurs services non pas seulement aux collectivités ayant rendu possible leur édification (qui ne saturent initialement jamais les infrastructures, systématiquement pensées en fonction d'un développement futur potentiellement exponentiel), mais bien à l'ensemble des entreprises de leur région. Un responsable réseau d'un *datacenter* public nous confiait ainsi du bout des lèvres qu'il s'interrogeait quant à la possibilité de vendre les services de son *datacenter* tout en conservant son statut d'établissement public. Il se confronte ainsi à des questions de prix de l'hébergement, de possible concurrence déloyale, qu'il n'avait jamais eu à se poser

[53] Jeremy Rifkin, *L'Âge de l'accès. La nouvelle culture du capitalisme*, trad. de Marc Saint-Upéry, Paris, La Découverte, 2000.
[54] Bernard Benhamou, « Organiser l'architecture de l'internet », *Esprit*, nº 324, 2006, p. 154-166.
[55] Parc des expositions, Paris, 23 mars 2017.

avant. On voit donc poindre une logique bien connue de l'histoire industrielle : après avoir mutualisé les coûts, on privatise les bénéfices [56].

Cependant, bien qu'en pleine croissance, l'univers du *datacenter* d'hébergement est relativement petit et, jusque récemment, peu organisé. Il se résume à une poignée d'opérateurs (*Colt*, *Data4*, *Equinix*, *Digital Realty*), auxquels s'ajoutent des constructeurs implantés sur ce segment de marché (*Schneider*, *Bouygues*), quelques bureaux d'études, cabinets d'architectes et des équipementiers. Les acteurs de ce petit monde se retrouvent lors des salons professionnels : deux d'entre eux sont récurrents en France – le « *Solutions Datacenter Management* » et le « *Datacenter world* » que nous avons à plusieurs reprises ethnographiés (2015, 2016 et 2017). Les anecdotes y circulent et les noms reviennent souvent, au point que notre intronisation auprès d'un interlocuteur reconnu a ensuite suffi à nous ouvrir plusieurs portes à la simple mention de son patronyme. Si quelques firmes apparaissent alors que d'autres quittent la scène, les experts des panels sont bien souvent les mêmes d'une édition à l'autre et les principaux exposants ne changent guère. Les employés semblent circuler aisément : on peut quitter un poste de consultant extérieur pour être embauché par un ancien client directement fournisseur de solutions technologiques. Si les cœurs de métiers restent largement identifiables (commercial, responsable *IT* ou *DSI*, spécialiste réseau, gestionnaire, etc.), le milieu en général est un élément plus déterminant que l'appartenance à une firme singulière – l'absence de visibilité médiatique de ces entreprises participe d'ailleurs peut-être à une plus grande flexibilité des trajectoires : puisque, à la différence de l'informatique « grand public » (comme lorsqu'on travaille chez *Orange*, *Apple* ou *Amazon*), aucune « aura » spécifique n'éclaire tel ou tel acteur du marché, travailler pour l'un ou pour l'autre serait peut-être avant tout affaire d'opportunité et de progression de carrière. Ce secteur d'activité restreint ne s'est structuré que récemment. En témoignent les hésitations relatives à

[56] Sur le cas d'école du chemin de fer en Inde entre 1845 et 1875, dont la main d'œuvre était à fournir par le gouvernement indien mais dont les bénéfices revenaient aux compagnies britanniques (avec garanties du gouvernement indien de rembourser les capitaux anglais en cas d'échec du projet), voir Daniel R. Headrick, *The Tools of Empire : Technology and European Imperialism in the Nineteenth Century*, New York/Oxford, Oxford University Press, 1981.

sa catégorisation (tertiaire ou industriel), toujours en discussion, qui ne s'expliquent pas uniquement par le manque de connaissance ou d'attention de la part des élus et des administrations – la « filière » *datacenter* n'ayant pas de porte-parole institué avec les autorités publiques avant novembre 2016. Cette distance entretenue plus ou moins volontairement prend fin avec le projet de loi pour la croissance et l'activité (loi Macron). Alors que le projet législatif prévoit d'augmenter les taxes d'électricité pour les entreprises, le ministre cherche dans le même temps à intégrer des mesures pour l'industrie électro-intensive, afin que celle-ci reste concurrentielle sur la scène internationale. Selon Jérémie, les *datacenters* devraient être intégrés à ce régime d'exception :

> « L'État, dans sa grande mansuétude, a toutefois convenu que les industries pour lesquelles la quote-part de l'énergie dans le produit fabriqué est supérieure (de mémoire) à 50% de la valeur du produit, qu'il fallait exonérer de cette taxe ces entreprises. […] Le datacenter, c'est 98 % du produit fini qui est constitué par de l'électricité, et ce n'est pas dans le régime d'exemption. » [57]

Le manque de visibilité institutionnelle des *datacenters*, dont l'activité repose sur la location de puissance électrique (un opérateur se définit ainsi : « *on loue du mégawatt* »), leur porterait préjudice. Deux associations se font alors porte-parole des *datacenters*, le CESIT (Comité des exploitants de salles informatiques et techniques) et le GIMELEC (Groupement des industries de l'équipement électrique). En janvier 2016 :

> « les deux associations sont allées [voir le ministre] séparément, n'ont pas délivré le même discours, ne se sont pas concertées bien évidemment, et maintenant se tirent dans les pattes parce qu'elles n'ont rien obtenu en disant si tu m'avais laissé faire, j'aurais fait mieux. » [*ibidem*]

Suite à cette défaite, en septembre 2016, le CESIT élit un nouveau président (qui dirige aussi le groupe *Data4*) et change de nom pour devenir *France Datacenter* [58]. L'ambition de l'association est désormais de représenter le secteur des *datacenters* en France. Le communiqué de presse est éloquent quant aux objectifs de structuration de l'activité économique dans le pays. L'association a prévu un plan pour « *valoriser le secteur du* datacenter », annonçant

[57] Entretien avec Jérémie, consultant senior Critical Building, 29 avril 2016.
[58] francedatacenter.com [consulté le 20 mai 2017].

ainsi la « *mise en place d'une veille législative* », des « *actions de lobbying tous azimuts* » [59]. La promesse de tels projets témoigne de l'absence de structuration des opérateurs de *datacenters* jusqu'ici. On peut supposer qu'il n'y avait pas, auparavant, de veille législative, de lobbying organisé, ou du moins pas de façon structurée. Chaque acteur menait sa barque comme il le pouvait. L'échec de la négociation sur la CSPE a ainsi dynamisé l'organisation de la filière. Quelques mois plus tard, en janvier 2017, le GIMELEC se rallie à l'initiative et annonce la signature d'un partenariat avec *France Datacenter*, témoignant de sa capacité à rassembler les acteurs du champ.

Au-delà de cette dynamique classique de structuration d'une activité, ce mouvement témoigne aussi d'un rapport renouvelé de l'industrie à sa visibilité. Alors que l'industrie des *datacenters* en France semble jusque-là briller par sa discrétion, les problèmes de coordination liés au lobbying et les difficultés croissantes rencontrées pour s'installer en territoire urbain semblent mener à une nouvelle stratégie de visibilité reposant sur des instruments de communication classiques.

Travail et sécurité : mythologies du *datacenter*

Un opérateur de *datacenter* vend de la sécurité : sécurité des données éventuellement (s'il offre aussi des espaces serveurs et pas uniquement les espaces pour les héberger), mais aussi et surtout garanties de connectivité et d'opérationnalité. Ainsi une infrastructure est-elle calibrée afin de ne jamais « tomber », c'est-à-dire de ne jamais interrompre l'alimentation du stockage de données et le dialogue avec le réseau. Au fil des visites se donne à voir une tension, entre l'exaltation du pouvoir de protection de l'infrastructure technologique, la promotion incessante de l'automatisation des alertes et le « *travail ordinaire de la sécurité* » [60].

[59] Communiqué de presse diffusé dans *GS Mag* et *Le Monde Informatique*.
[60] Jérôme Denis et Emmanuel Kessous (dir.), numéro thématique « Le travail ordinaire de la sécurité », *Réseaux*, nº 172, 2012.

Une sécurité « infaillible »

Les visites de *datacenters* que nous avons pu réaliser sont invariablement organisées autour d'une mise en scène de la sécurité de l'infrastructure, qui met en valeur la situation géographique du *datacenter* : sont notamment soulignées les études avant installation qui visent à garantir tout à la fois la possibilité d'une bonne couverture énergétique (« *le nerf de la guerre* »), couplée à des risques environnementaux limités (tremblements de terre, inondations, tempêtes, etc.). Quand ces risques sont malgré tout présents, on les circonscrit au mieux : un *datacenter* à proximité de la Seine a ainsi eu recours à l'installation d'immenses boudins gonflables d'une dizaine de mètres de haut visant à garantir la pérennité de l'installation en cas de crue centennale du fleuve. Puis, au cours de la visite, la sécurité est incarnée par une multitude de dispositifs technologiques auxquels le visiteur-client potentiel doit se confronter au cours de ses déplacements, ou qui lui sont montrés par son guide lorsqu'ils échappent à son attention : « *dans notre métier, on doit toujours prévoir le pire, il faut être un peu parano* », entend-on de visite en visite.

Ainsi, dès son arrivée, le visiteur éprouve la sécurité comme contrôle des personnes, de l'accès : barbelés entourant les terrains d'implantation, sas de contrôle circulaires à panneaux coulissants dignes de films de science-fiction, caméras multiples, badgeuses sur chaque porte, etc. Un *datacenter* portugais a même poussé le contrôle de l'espace intérieur plus loin encore :

> « Niveau sécurité, mis à part les douves, Portugal Telecom a placé des agents de sécurité dans tous les coins et recoins du datacenter, épaulés par plus de 200 caméras. D'ailleurs, pour accéder au bâtiment, les visiteurs se font scanner le visage par une caméra qui permet de déterminer en temps réel si une personne a les autorisations nécessaires pour entrer dans le lieu. Même chose si vous pénétrez dans l'enceinte en voiture, sauf qu'en plus de votre visage, on scanne votre plaque d'immatriculation pour vérifier que c'est bien la personne "associée" à cette plaque qui conduit le véhicule. Grâce à ce système de scan facial, les agents de sécurité sont capables de savoir où vous êtes, et cela à n'importe quel moment. » [61]

[61] « Le plus gros *data-center* d'Europe en chiffres et en photos », *Korben.info*, 30 septembre 2013, lien [consulté le 17 mai 2017].

Dans l'Ouest parisien, malgré les barbelés, les sas d'identification et les contrôles multiples, un gestionnaire de site avoue clairement avoir pris la décision, motivée économiquement, de ne pas sécuriser le site contre des attaques terroristes armées : « *Si un type se pointe avec une kalachnikov, on le laisse entrer, on n'est pas équipé pour gérer ce type de menaces.* »

La sécurité vise surtout à éviter les actes de malveillance ou l'espionnage industriel entre hébergés – parfois concurrents. Ainsi, la segmentation des espaces est très forte, chaque type d'équipement (serveurs, générateurs, tableaux électriques, interconnexion des réseaux, etc.) est localisé dans un espace différent, favorisant la séparation des intervenants techniques. Moins les compétences se mélangent, plus les risques diminuent : les accès sont nominatifs et discriminés en fonction des autorisations préalables. La majorité des *datacenters* ne fait pas figurer d'étiquettes sur les baies des salles serveurs afin que les clients restent anonymes ; d'autres utilisent un système d'alarmes sonnant sur place et au central de sécurité à chaque ouverture (même autorisée !) d'une porte. En fonction des besoins des clients, les racks d'ordinateurs peuvent être séparés de l'ensemble des serveurs par des grilles. Ainsi, alors que nous visitons, en compagnie d'une cohorte de cadres en costumes avec cravate, une salle *IT*, un technicien en gris de travail, enfermé dans une cage de métal où il câble et installe de nouveaux serveurs, apostrophe notre groupe et ironise quant à sa situation : « *Prière de ne pas nourrir les animaux* ».

La visite se poursuit, et on assiste aux démonstrations concernant le maintien automatisé de la stabilité de l'infrastructure : climatisation, capteurs anti-incendie, arrivées électriques et groupes électrogènes. La climatisation est un enjeu de taille dans l'industrie des *datacenters*. De par la concentration d'une grande quantité d'ordinateurs dans un même espace, à la moindre panne du système, les machines chauffent tant que la température monte très rapidement (à 80 °C en 10 minutes selon un commercial, d'un degré par minute selon un autre – estimation probablement très approximée dans la mesure où un tel réchauffement n'est *a priori* pas linéaire), provoquant arrêts informatiques et mises en péril du personnel, sans compter le risque d'incendie et de dégradation du matériel. Il n'est pas rare de voir des dispositifs de climatisation fiabilisés par un double système de détection anti-incendie (deux

séries de capteurs répartis sur l'ensemble du lieu, chaque ensemble étant pondéré statistiquement en fonction de la topographie, afin d'éviter les faux positifs), mêlant selon les besoins détection optique, thermostatique, par ultraviolet ou infrarouge, etc.

Lorsqu'un départ de feu est confirmé, deux dispositifs anti-incendies sont souvent présents, le plus courant consistant en gaz inerte (typiquement un mélange d'argon et d'azote) remplaçant les atomes d'oxygène de l'air, ou d'un gaz inhibiteur (halon) interrompant la combustion. Ces gaz sont émis sous forte pression, à tel point qu'un système de valve est généralement intégré au bâti afin de ne pas déformer les murs – pourtant bien épais. Un commercial nous rassure : « *Quand les alarmes se déclenchent, il vaut mieux sortir, sinon on risque de tousser un peu.* »

Après les essais et erreurs des dernières décennies du siècle précédent, la stratégie assumée aujourd'hui est celle de la redondance, qu'il s'agisse des installations *IT* (souvent laissées à la discrétion du client – certaines baies emplies de *racks* de serveurs pouvant facilement dépasser le million d'euros), de l'alimentation électrique, des détecteurs de panne, des dispositifs anti-incendie ou bien évidemment de la sécurité physique des machines et des personnes. Lorsque tout équipement critique est au moins doublé, il est théoriquement possible d'effectuer maintenance et réparations sans « impacter » un seul instant l'ensemble du système, d'où les technologies dites de *hot swap* (*i.e.* « échange à chaud », c'est-à-dire permettant de réaliser un « *upgrade* » de disque ou de remplacer un composant défectueux – disque RAID, bloc alimentation – sans aucune interruption de service du serveur).

De la même façon, la majorité des *datacenters* réservent le double de la puissance nécessaire électrique auprès d'Enedis afin de garantir qu'en cas de rupture d'alimentation sur une des lignes du réseau, une autre source d'approvisionnement soit toujours disponible. Mais comme le pire doit toujours être envisagé, des groupes électrogènes sont aussi préchauffés en permanence afin de pouvoir prendre le relais en cas de coupure inopinée : ces immenses moteurs thermiques qui avoisinent bien souvent la demi-douzaine de mètres sont eux-mêmes redondés et approvisionnés par de gigantesques cuves à essence (la plupart du temps enterrées, car leur volume, facilement supérieur à 10 000

litres, peut dépasser celui d'une petite maison) visant à permettre une autonomie énergétique de 72 heures en cas de pénurie ou de problème majeur dans les dépôts de carburants nationaux (grèves, blocages, etc.), certains *datacenters* disposent de contrats garantissant leur livraison au même niveau de priorité que les hôpitaux ou les installations militaires.

Mais un groupe électrogène, aussi puissant soit-il, met au démarrage quelques dizaines de secondes à atteindre un rendement énergétique satisfaisant, d'où la nécessité de batteries et d'onduleurs raccordés à l'ensemble des baies serveurs. Ces machines garantissent la régularité du courant reçu (car en fonction de l'état du réseau électrique, d'infimes variations peuvent avoir lieu), mais permettent surtout de suppléer immédiatement à l'alimentation en cas de coupure, avant que les groupes électrogènes ne prennent la main. Selon les installations, on voit d'une à trois baies alimentées par un même couple onduleur/batterie. Ces batteries sont généralement des modèles au plomb : les seuls, à coût non-prohibitif sur le marché actuel, garantissant une performance de 80 % quatre ans après leur installation. Ce qui signifie qu'au bout de quelques années, le parc entier de ces accumulateurs électriques au plomb est remplacé. Un commercial interrogé sur la destination des rebuts nous a déclaré qu'il ne faut pas s'inquiéter, car ils sont systématiquement transmis au sous-traitant, même s'il a reconnu immédiatement ne pas savoir ce qu'ils deviennent ensuite.

Il reste, enfin, la cybersécurité, qui articule à la fois la protection contre les attaques et la surveillance de ce qui se passe sur le réseau. Celle-ci prend une tournure particulière dans le cadre des infrastructures publiques. Les échanges avec les Directeurs de Système d'Information (DSI) gérant des *datacenters* universitaires donnent quelques idées des enjeux. Ceux-ci dialoguent régulièrement avec le ministère de l'Intérieur au sujet des infractions commises *via* les serveurs présents sur le site. Nous avons ainsi eu l'occasion de visiter une « chambre forte » où un coffre-fort, faisant aussi office d'armoire antifeu, abrite les bandes magnétiques contenant des données devenues preuves à conviction à fournir aux autorités en cas de procès. Le *datacenter* étant par nature lieu de centralisation, on voit ainsi qu'il est du même coup un nœud de puissance sociale et politique : qu'il s'agisse d'affaires de harcèlement, de pédophilie en ligne, de vols ou d'arnaques

numériques massives, de radicalisation terroriste ou de maltraitance, le numérique enregistre et garde la trace de ces exactions, traces dont le pouvoir a un besoin crucial pour exercer son action – d'où une proximité des DSI parfois tangible avec les services de police et de justice qui débarquent afin d'effectuer une saisie [62]. La sécurité des données articule ainsi fortement sécurisation physique et cybersécurité.

Cette dernière se donne notamment à voir dans les établissements proposant aussi un service *IT* de type *cloud*, et devant parer aux attaques réseau (dont les plus organisées sont les dénis de service distribués – *DDoS attack* – qui visent à incapaciter une application ou un service en ligne en le saturant de requêtes), attaques qui, des dires d'une responsable de site, sont quotidiennes et peuvent parfois se compter par milliers. Depuis 2016, les *ransomwares* (ou « rançongiciels ») sont venus occuper le devant de la scène criminelle numérique, au point d'inciter à une coopération européenne afin de contrer la menace [63] : ces logiciels cryptent tout ou partie des fichiers d'un système ou d'un réseau interne, puis font parvenir une demande de rançon contre la restitution des données perdues. La cyberattaque mondiale du 12 mai 2017 par le logiciel *Wannacry* a été assez largement médiatisée [64]. La moyenne des sommes demandées, grand public et entreprises confondus, est passée de 300 à 600 dollars en 2016 [65] – d'où une certaine expertise en matière de surveillance et de protection des données acquise par les opérateurs.

D'autres garanties de sécurité peuvent aussi être contractualisées : certains sites proposent des clauses de type « *disaster recovery* » ou « *business continuity* », principalement à destination de la finance ou des forces armées. Le *datacenter* offre alors des espaces permettant de recréer en quelques dizaines de minutes, grâce aux données sauvegardées et aux postes pré-

[62] Cela soulève des questions de gouvernement politique et commercial que nous n'avons pu explorer pour l'instant. Pour un aperçu de l'importance du territoire d'implantation et du recours à des serveurs « *offshore* », voir Bruno Vétel, « Déviance en ligne. Enquête sur les serveurs illégaux de jeux vidéo », *Terrains & travaux*, nº 22, 2013, p. 115-134.

[63] Marc Jacob, Emmanuelle Lamandé et Sylvie Sanchis, « Le phénomène des ransomwares explose littéralement », *Global Security Mag*, nº 36, 2016, p. 10-11.

[64] « Une attaque informatique de portée mondiale crée la panique », *Pixels/Le Monde*, 12 mai 2017, lien [consulté le 17 mai 2017].

[65] Alain Clapaud, « Les pièges du ransomware », *Solutions IT*, nº 13, p. 22.

installés, l'entièreté d'un environnement de travail préétabli (la salle de gestion boursière d'une grande banque parisienne, par exemple). Ainsi, en cas de sinistre, une équipe du client peut migrer directement vers l'espace sécurisé du centre afin de ne pas mettre en péril la continuité de son activité.

Travail humain et automatisation

On peut voir les visites de *datacenters* comme une succession de démonstrations de la solidité de l'infrastructure face à tout type d'événement. Pourtant, malgré tous ces dispositifs, la sécurité vantée auprès des clients n'est pas infaillible : un gestionnaire de site nous fait part de récents déboires : « *on a eu de la chance* [lors du dernier départ de feu] *car un technicien de maintenance était dans les parages* ». De la même façon, un test du dispositif anti-incendie aurait fait sauter, lors de son émission, les têtes de lecture de plusieurs serveurs en plein travail [66]. Face aux mises en scène de la sécurité est en effet rappelée, au cours des visites, la fragilité inhérente aux infrastructures numériques [67]. Les *datacenters* nécessitent un soin quotidien de la part de tout un ensemble de professionnels. Il faut bien sûr compter les agents de sécurité, notamment ceux présents en continu au PC sécurité, mais aussi les divers opérateurs spécialisés dans la maintenance des installations : électriciens, thermiciens, spécialistes des fluides ou de la climatisation, etc. Les immenses couloirs résonnent parfois des pas d'un technicien pressé de rejoindre le poste où sa présence est requise : tenter de l'arrêter pour discuter est peine perdue, car son intervention est bien souvent minutée et monitorée depuis le « *central* ».

[66] Cette anecdote nous ayant été racontée à plusieurs reprises par des interlocuteurs différents, ses variantes sont nombreuses : tantôt il s'agit d'un tiers des machines impactées, tantôt de la totalité, etc. Il semblerait donc qu'il s'agisse d'une histoire édifiante du milieu – une rumeur au sens d'Edgar Morin (*La Rumeur d'Orléans*, Paris, Seuil, 1969) – dont la fonction est de combler un blanc de l'imaginaire du métier, faisant état du fait qu'il faut non seulement tester les dispositifs de sécurité, mais aussi tester les tests eux-mêmes : trop de prudence tue la prudence, à moins d'être plus prudent encore !

[67] Jérôme Denis, « L'informatique et sa sécurité. Le souci de la fragilité technique », *Réseaux*, nº 171, p. 161-187.

Comme la plupart des activités de haut niveau technologique [68], un *datacenter* nécessite des petites mains pour fonctionner, même si, en comparaison de sa rentabilité financière, on y emploie assez peu de personnel. Un directeur tient à nous révéler l'astuce : « *ne rien faire, ne rien laisser faire, tout faire faire* ». Selon une note de l'IAU-IDF, un *datacenter* de 10 000 m^2 crée, en emploi direct, dix équivalents temps plein [69]. À ceux-ci s'ajoutent des sous-traitants, qui passent ou travaillent sur place : « *Notre activité, c'est le pilotage de prestataires* », nous confie un gestionnaire de site. Au plus bas niveau, les *datacenters* vendent en effet des services unitaires nommés « mains à distance » (*remote hands*) et facturent le redémarrage de serveurs pour des clients éloignés. Différents types de qualification sont en effet requis pour le bon fonctionnement quotidien de ces infrastructures.

Pourtant, malgré le faible nombre de personnes sur site, les principaux opérateurs de *datacenters* en France déplorent le manque de personnel qualifié. Quelques organismes se sont d'ailleurs lancés sur le créneau de la formation d'opérateurs pour *datacenters* (Cella Consilium, AFEIR Communications, Institut Datacenter, etc.), question qui n'est pas simple car les profils recherchés nécessitent de multiples compétences. En témoigne cette offre d'emploi pour « *Technicien Datacenter H/F* », assez typique :

> « Aubervilliers – 93 – CDI
> Ittaka recherche pour l'un de ses clients un Technicien(ne) Support Datacenter H/F. Vous intégrerez directement l'équipe de Technicien(ne) s au sein d'un Datacenter.
> Vous serez en charge de :
> Installation des baies, du câblage. Brassage et rackage des serveurs.
> Maintenance niveau 1 sur serveurs.
> Gestion des incidents sur l'ensemble de l'infrastructure du datacenter.
> Administration des outils de monitoring.
> Accompagnement des clients dans le datacenter.

[68] Thomas P. Hughes, *American genesis : A century of invention and technological enthusiasm, 1870-1970*, New York, Penguin, 1989 ; *id.*, *Networks of power : Electrification in Western society, 1880-1930*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1993 ; David Hounshell, « DuPont and the management of large-scale research and development », *in* Peter Galison et Bruce Hevly (eds.), *Big Science : The growth of large-scale research*, Stanford, Stanford University Press, 1992, p. 236-261.
[69] Daniel Thépin et Olivier Paugam, « Les *datacenters* en Île-de-France, un essor sous contrainte ? », *art. cit.*

Travail collaboratif avec les équipes d'experts réseaux, sécurité, administration systèmes.
Profil recherché :
De formation Bac ou Bac +2 : débutant ou première expérience en maintenance hardware, software, câblage, brassage. Vous avez aussi des connaissances réseaux (routeur, switch).
Salaire : Non précisé.
Publié le 5 mai 2017. »

Si l'annonce prend la peine de féminiser l'offre d'emploi, précisons que les femmes sont très largement absentes de l'ensemble des infrastructures d'un *datacenter* : le seul lieu où elles semblent pouvoir trouver une place est à l'accueil, à l'exception d'une commerciale croisée lors de nos visites et d'une directrice qui nous a accordé un entretien [70].

Il existe peu de formations dédiées, que ce soit sur le versant *IT* ou sur la partie infrastructures (climatisation, électricité, maintenance des salles). L'IUT de Reims-Châlons-Charleville [71] est l'un des rares établissements à proposer un véritable *cursus* préparant à la gestion de *datacenters*, insistant notamment sur la partie virtualisation [72]. Dans le nord de Paris, à l'IUT de Villetaneuse, Telecity Group a pris part à la mise en place d'un cursus formant des techniciens ayant la triple compétence climatisation, électricité, réseau de télécommunication en 2012. La formation est aujourd'hui soutenue par deux autres opérateurs présents sur le territoire de Plaine Commune. L'objectif est de former des techniciens directement sur le territoire, et donc de témoigner aux autorités publiques de sa bonne volonté en matière d'insertion locale. Un enseignant de la formation interviewé explique que le roulement dans l'embauche des quelques partenaires locaux est suffisamment important pour faire tourner la formation. Assurer la continuité de service des *datacenters* est présenté comme un travail physique, pour lequel « *il faut des gars robustes* ». Les horaires décalés, le travail du week-end, « *quand ils*

[70] Afin de préserver l'anonymat des acteurs interrogés, nous avons choisi de masculiniser toutes les références des citations mobilisées dans cet article.
[71] Voir l'offre sur l'IUT de Reims-Châlons-Charleville : lien [consulté le 16 mai 2017].
[72] « *La virtualisation consiste à faire fonctionner un ou plusieurs systèmes d'exploitation/ applications comme un simple logiciel, sur un ou plusieurs ordinateurs-serveurs/système d'exploitation, au lieu de ne pouvoir en installer qu'un seul par machine.* » Notice « Virtualisation », *Wikipédia*, art. Virtualisation [consultée le 16 mai 2017].

arrivent à un certain âge et qu'ils se stabilisent familialement, c'est plus forcément hypercompatible avec une vie familiale » [73].

Comme la majorité des installations *high-tech* qui vantent les mérites du tout automatique, les *datacenters* n'échappent pas à la contradiction entre discours promouvant des règles simples et systématiques et la réalité du travail réalisé [74].

D'un côté, le mythe d'une machinerie autorégulée, totalement efficiente et dont les pannes ne relèveraient jamais de sa nature propre bat son plein [75]. « *67 % des* outages [pannes, interruptions] *sont dus à des fautes humaines, donc si on peut enlever cette couche-là…* » [76], suggère un communiquant en fin de conférence au forum *Datacenter World* : l'automatisation totale serait la panacée face aux problèmes posés par les humains gérant les infrastructures technologiques actuelles. Un directeur ironise lourdement sur le PFH, acronyme « *sociologique* » (*sic*), renvoyant au « *putain de facteur humain* », source de tous les maux. Le moins d'opérations de maintenance il y a à faire, le moins de risque il y aurait : tout doit donc être réduit au minimum, cloisonné, découplé. À cette réduction drastique du matériel et des opérations répond le doublement de tout : chaque salle doit être autonome, c'est-à-dire que chaque salle doit posséder ses propres batteries, générateurs électriques, systèmes de climatisation, tableaux électriques, etc. L'optimisation est faite en vue de l'autonomie maximale de chaque client, au sens où ses erreurs ne risquent pas d'affecter le matériel des autres.

De l'autre, la réalité du terrain semble peser en faveur d'une action humaine indispensable au bon fonctionnement des dispositifs : « *Ça s'entend au son* » (ce qui permet de savoir quand il y a besoin d'intervenir), nous signifie un opérateur observant lors d'une visite un *cluster* de serveurs qui entre en phase de calcul

[73] Entretien avec Roxane, 4 octobre 2016.
[74] Christophe Dejours, *Le Facteur humain*, Paris, Presses universitaires de France, 2014.
[75] Sur l'utopie d'une technique par nature étrangère aux dysfonctionnements, voir notamment Jean-Baptiste Fressoz, *L'apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*, Paris, Seuil, 2012, chap. 6 : « La Mécanique de la faute ».
[76] Un autre intervenant martelait le chiffre plus marquant encore de 90 % : de là à imaginer qu'il s'agit surtout d'un discours performatif, bien peu fondé sur des chiffres réels et mobilisant des ordres de grandeur visant à convaincre (deux tiers, neuf dixièmes, etc.), il n'y a qu'un pas.

intensif. Même au plus haut niveau de la *high-tech*, là où les processus électroniques sont censés échapper aux perceptions humaines, les travailleurs développent une habileté, un savoir-faire, typique des métiers techniques [77], qui les rend aptes à comprendre les variations les plus minimes et les causes possibles des dysfonctionnements auxquels ils sont confrontés [78]. Un superviseur nous expose la sécurité drastique qui entoure l'armoire à clefs : en plus du badge, il faut des clefs, mais pour obtenir les clefs, il faut un badge, et un code, qui permettent d'ouvrir et de savoir qui a ouvert (les données sont conservées trente jours) pour enfin libérer magnétiquement les trousseaux que la personne est habilitée à utiliser – « *si on essaie de prendre une clef à laquelle on n'a pas droit, un message d'alerte est envoyé* ». Dans l'instant qui suit cette déclaration d'inviolabilité du système, le voici qui s'empare sans autorisation d'une clef dont il a besoin pour la poursuite de la visite, et sourit en disant qu'une alerte a probablement été émise, mais qu'il n'a ni son portable ni son ordinateur sur lui… Dans une veine similaire, un directeur de centre nous confiait, au détour d'un couloir : « *Si j'applique les consignes du Ministère, plus personne ne bosse.* » Dans les faits, c'est l'écart entre la règle et la réalisation effective de la tâche qui rend possible la maintenance de ces infrastructures : là où le discours commercial vante une fiabilité et une sécurité totale passant par des dispositifs indépendants de toute action humaine, la réalité de l'activité est plus nuancée.

La mythologie de l'efficacité et de la sécurité totales engendrée par la procéduralisation et l'automatisation existe depuis deux siècles au moins [79], et elle se porte étonnamment bien [80] alors

[77] Richard Sennett, *Ce que sait la main. La culture de l'artisanat*, trad. de Pierre-Emmanuel Dauzat, Paris, Albin Michel, 2009.

[78] Pour un autre exemple de savoir-faire incorporé relatif à la réparation informatique, voir Blanca Callén, « Donner une seconde vie aux déchets électroniques. Économies informelles et innovation sociotechnique par les marges », *Techniques & culture*, nº 65-66, 2016, p. 206-219.

[79] Pour un florilège de cette mythologie, voir notamment l'anthologie réalisée par François Jarrige, « Face au luddisme : quelques interprétations », *in* Cédric Biagini et Guillaume Carnino (dir.), *Les Luddites en France. Résistances à l'industrialisation et à l'informatisation*, Montreuil, L'Échappée, 2010, p. 287-334.

[80] Pour une version enchantée, voir par exemple le rapport du *McKinsey Global Institute*, *Disruptive technologies : Advances that will transform life, business and the global economy*, 2013, p. 42-43. Pour une approche plus critique, mais relevant de la même posture de sidération devant les discours technologiques, voir Bernard Stiegler, *La Société automatique*, Paris, Fayard, 2015 ou Carl Benedikt Frey et

même qu'elle entre en contradiction permanente avec les faits. Courant novembre 2017, les infrastructures d'*OVH* à Strasbourg et Roubaix sont victimes d'incidents critiques provoqués par les automates en charge des protocoles de redondance :

> « Ce matin, le système de bascule motorisée [d'un datacenter de Strasbourg] n'a pas fonctionné. L'ordre de démarrage des groupes n'a pas été donné par l'automate. Il s'agit d'un automate NSM (Normal Secours Motorisé), fournit par l'équipementier des cellules haute tension 20 kV. Nous sommes en contact avec lui, afin de comprendre l'origine de ce dysfonctionnement. » [81]

Et de poursuivre :

> « La base de données avec la configuration est enregistrée 3 fois et copiée sur 2 cartes de supervision. Malgré toutes ces sécurités, la base a disparu. Nous allons travailler avec l'équipementier pour trouver l'origine du problème et les aider à fixer le bug. […] Les bugs ça peut exister, les incidents qui impactent nos clients non. Il y a forcément une erreur chez OVH puisque malgré tous les investissements dans le réseau, dans les fibres, dans les technologies, nous venons d'avoir 2 heures [33 minutes] de downtime sur l'ensemble de nos infrastructures à Roubaix. » [82]

Selon une même logique, le génial (et prétendument automatique) algorithme de *Google* permettant de classer les résultats des requêtes effectuées est en réalité largement informé par l'activité de travailleurs payés à l'heure, dont la compétence linguistique est mobilisée afin de noter la pertinence des résultats proposés dans le but d'améliorer leur ordonnancement [83]. De la même manière, *Amazon* emploie 500 000 « *turkers* » (contraction de *worker* et de *Turk*, en référence à leur plateforme de télétravail *Mechanical Turk*, clin d'œil ironique envers le pseudo-automate du siècle des Lumières, censé jouer aux échecs, mais cachant en réalité un humain manipulant les mécanismes), de véritables ouvriers du clic, payés chichement pour des tâches rébarbatives :

> « Transcrire une vidéo de 35 secondes, 5 cents. Écrire la description commerciale d'un produit, 12 cents. Noter des photos d'hommes pour

---

Michael A. Osborne, *The Future of employment : How susceptible are jobs to computerization ?*, 2013, lien [consulté le 22 mai 2017].

[81] Lien [consulté le 14 novembre 2017].

[82] Lien [consulté le 14 novembre 2017].

[83] Mathilde Blézat, « Nourrir l'algorithme. Témoignage d'un télétravailleur de *Google* », Z. *Revue itinérante d'enquête et de critique sociale*, nº 9, 2016, p. 78-79.

un site de rencontres, 3 cents. Répondre à une étude scientifique, 10 cents. » [84]

Il faut ainsi ajouter, à l'ensemble des petites mains qui travaillent en coulisse pour faire fonctionner la société de l'information [85], c'est-à-dire « électroniser » des documents, collecter et nettoyer les données informatiques, celles des techniciens de la climatisation et qui parcourent inlassablement les couloirs des *datacenters* pour vérifier les faux positifs, ajuster, débrancher et rebrancher des serveurs à la demande de clients lointains.

Les discours laudatifs – tout autant que les opinions critiques – quant à l'automatisation partagent presque toujours le fait de présenter son advenue non seulement comme réaliste, mais tout bonnement comme inéluctable. Or, une telle mythologie, aussi abstraite soit-elle, a des conséquences réelles : d'une part, le dressage des populations à une prétendue infériorité humaine face à l'efficacité supérieure des technologies – c'est-à-dire l'apprentissage progressif de la honte prométhéenne, au sens de Günther Anders (l'être humain, honteux de ses imperfections, en vient à se sentir inférieur aux machines censément parfaites [86]) – ; d'autre part, la transformation bien réelle du travail qui, loin de faire disparaître totalement l'être humain, le réduit en bout de chaîne à des tâches de plus en plus répétitives et dénuées de sens [87] (mobiliser à distance un opérateur *in situ* pour appuyer sur un bouton est facturé à l'unité dans certains *datacenters*). Il se pourrait d'ailleurs bien que ces recompositions du salariat ne soient pas étrangères à la rentabilité économique des infrastructures numériques.

---

[84] « Sur Amazon Turk, les forçats du clic », *Le Monde* Pixels, 22 mai 2017, lien [consulté le 22 mai 2017].

[85] Jérôme Denis et David Pontille (dir.), numéro thématique « Travailleurs de l'écrit, matières de l'information », *Revue d'anthropologie des connaissances*, vol. 5, nº 1, 2012 ; Dominique Cardon et Antonio Casilli, *Qu'est-ce que le digital labor ?*, Paris, INA, 2015 ; Jérôme Denis et Samuel Goeta, « Rawification an the careful generation of open government data », *Social Studies of Science*, vol. 47, nº 5, 2017, p. 604-629.

[86] Günther Anders, *L'obsolescence de l'homme*, trad. de Christophe David, Paris, EdN/ Ivréa, 2002 [1956], chap. « Sur la honte prométhéenne », p. 37-115.

[87] David Noble, *Forces of production : A social history of industrial automation*, New York, Knopf, 1984.

Des indicateurs pour se rendre visible : sécurité et écologie

En plus des démonstrations de la solidité protectrice de l'infrastructure, les visiteurs de *datacenters* se voient immanquablement présenter deux informations, répondant à deux « labels », visant à rendre compte des performances du bâtiment qu'ils visitent. Ces labels concernent la sécurité et l'écologie, c'est par eux que l'univers des *datacenters* rend son activité lisible aux clients, mais aussi aux organisations pouvant s'inquiéter de la consommation des infrastructures.

Rendre lisible la sécurité aux yeux des clients

L'ensemble des contraintes et préoccupations liées à la sécurité se voit normalisé et explicité par un classement en différents *tiers* (« couches », en anglais) : le *Tier I* renvoie à une simple salle des machines avec ou sans climatiseur, là où le *Tier IV* correspond au *nec plus ultra* en matière de sécurité et de redondance des installations. Un *datacenter Tier III* est censé offrir contractuellement une continuité de service annuelle de l'ordre de 99.984 %. Dans cette configuration, on doit pouvoir gérer des périodes de maintenance sans impact sur la disponibilité des serveurs, bien qu'il soit théoriquement possible qu'adviennent des coupures en cas d'incidents importants (pas de redondance garantie sur la totalité de la chaîne). Le *Tier IV* est le plus haut niveau de garantie qu'un *datacenter* puisse offrir avec une disponibilité de 99.995 % (soit environ vingt-six minutes d'arrêt dans l'année : ce qui serait, aux yeux d'un commercial, « *inadmissible pour* [s]*es clients* »), et une redondance intégrale au niveau des circuits électriques, de refroidissement et du réseau. Cette architecture doit permettre de pallier les pires scénarios d'incidents techniques sans jamais interrompre la disponibilité des serveurs en place. Dans la pratique, le *Tier IV* implique des contraintes si coûteuses et élevées qu'elles ne sont nécessaires qu'en cas de besoins spécifiques, essentiellement dans le monde de la finance et des établissements bancaires. Officiellement,

l'organisme en charge de la certification *Tier* est l'*Institut Uptime* [88], un consortium d'entreprises créé en 1993 dont l'objectif revendiqué est de maximiser l'efficacité des *datacenters*.

Environnement et pollutions

« *Il faut que les gens le sachent, on est l'une des activités les plus polluantes au monde* », nous apostrophe un commercial au téléphone à la veille de l'une de nos premières visites. Dès les prémices de la médiatisation du phénomène *datacenter*, la question environnementale a été dans la ligne de mire des opérateurs, conscients de leur vulnérabilité manifeste sur ce point.

Le 17 juin 2014 à 21 h 35, la chaîne *France 5* diffusait un documentaire intitulé *Internet, la pollution cachée*, contenant quelques séquences apocalyptiques de paysages quasi lunaires, désertifiés et ravagés par les besoins énergétiques des *datacenters* : plusieurs hébergeurs étasuniens, appartenant notamment aux GAFAM, se seraient installés en Virginie Occidentale afin de bénéficier du faible coût de l'électricité générée dans des centrales à charbon, puisant dans les ressources des Appalaches toutes proches *via* la technique dite du *mountain-top removal mining* – mines à déplacement de sommet en français. Cette stratégie d'exploitation consiste à écrêter (à l'acide ou à l'explosif) le sommet d'une montagne au niveau d'un gisement et à utiliser le foisonnement rocheux qui en est issu pour combler la vallée attenante, afin de pouvoir directement extraire le matériau convoité (ici le charbon) et le transporter à moindres frais vers son site d'exploitation [89].

Malgré des chiffres qui montrent obstinément que la consommation de charbon n'a jamais cessé de croître des débuts de la révolution industrielle à nos jours [90], l'image d'internet reste trop

---

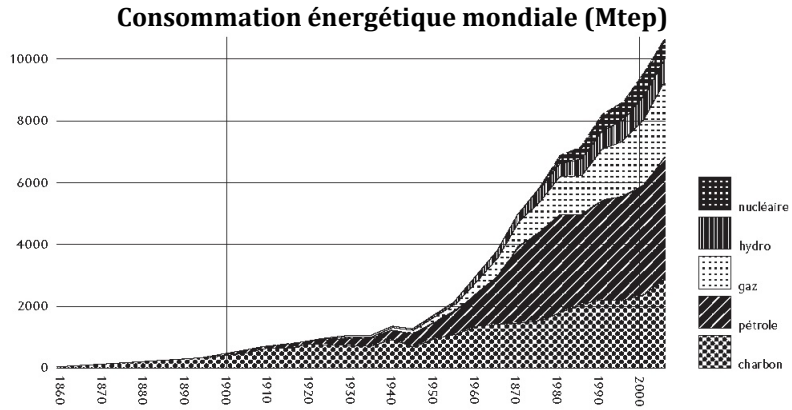
[88] uptimeinstitute.com. La mise au jour de l'histoire de ce groupement d'intérêts (parfois surnommé « *The Global datacenter Authority* ») constituerait un chantier à part entière, en l'état difficile.

[89] L'association Ingénieurs sans frontières – Systèmes extractifs (ISF-SystExt) alerte régulièrement quant aux impacts sociaux et environnementaux de la mine à l'international, par exemple en raison de ces techniques de déplacement de sommet. On consultera avec profit l'analyse détaillée que l'association a effectué des minéraux nécessaires à la production des smartphones : isf-systext.fr/node/968.

[90] Voir par exemple Jean-Claude Debeir, Jean-Paul Déléage et Daniel Hémery, *Une histoire de l'énergie*, Paris, Flammarion, 2013.

souvent celle d'un réseau quasi éthéré (le « *cloud* », l'informatique dans les nuages), *a priori* peu associé à des centrales thermiques participant à la carbonification de l'atmosphère. La consommation énergétique mondiale – dont le charbon – (voir graphique p. 57) n'a cessé de croître au cours de l'ère industrielle.

Quelles que soient les estimations, la pollution engendrée par le réseau des réseaux est considérée comme massive : une recherche sur *Google* générerait autant de dioxyde de carbone qu'une bouilloire électrique [91] ; si le *Web* était un pays, il serait le sixième pollueur au monde, affirme une étude menée par la *Global e-Sustainability Initiative* en 2015 [92] ; une intervenante lors d'une journée du groupe CNRS Eco-Info consacrée aux bonnes pratiques écologiques des « *Edge datacenters* » [93] affirme en introduction que ces infrastructures rejettent autant de dioxyde de carbone dans l'atmosphère que la flotte aérienne mondiale, c'est-à-dire l'équivalent d'environ trente centrales nucléaires.



Crédits : Jean-Marc Jancovici, 2017. Graphique réalisé par l'auteur à partir de données tirées de diverses études (*International Atomic Agency*, ADEME).

[91] « Google Disputes Harvard Fellow's Pollution Estimate », *PCWorld*, 12 janvier 2009, lien [consulté le 20 mai 2017].
[92] Gary Cook (Greenpeace), *Clicking Clean : A Guide to Building the Green Internet*, mai 2015, p. 5 : lien [consulté le 17 novembre 2017].
[93] « Edge Datacenters au cœur des services numériques de demain », Campus de Jussieu, Paris, 16 mars 2017.

Les problèmes de pollution et de consommation énergétique engendrés par les *datacenters* ont été rapidement identifiés par différents acteurs : en 2008, l'Union Européenne publie un Code de conduite européen relatif à l'efficacité énergétique des *datacenters*, qui présente les bonnes pratiques à mettre en œuvre pour diminuer la consommation électrique des infrastructures et propose aux signataires différentes modalités d'engagement, sur la base du volontariat. Les opérateurs et propriétaires peuvent donc s'engager à suivre partiellement ou totalement les pratiques mises en avant par le Code, ainsi qu'à rendre régulièrement des comptes quant aux démarches entreprises pour réduire leur consommation.

Ce Code de bonne conduite est articulé à une initiative prise par les industriels du secteur eux-mêmes, dans l'objectif de communiquer sur leurs efforts écologiques. Cette initiative prend la forme d'un indicateur, le *Power Usage Effectiveness* (indicateur d'efficacité énergétique – souvent abrégé en PUE) créé en 2007 par *The Green Grid* [94]. C'est principalement cet indicateur que les signataires du Code de conduite européen utilisent lorsqu'ils doivent rendre des comptes sur leurs engagements. En 2010, un accord a été signé entre les membres du consortium et les autorités américaines, japonaises et européennes afin de normaliser le calcul de l'indicateur et d'en faire un outil de référence internationale [95]. La valeur numérique de l'indicateur correspond au ratio entre l'énergie totale consommée par le centre et l'énergie spécifiquement employée pour alimenter la partie *IT*, c'est-à-dire les ordinateurs. Autrement dit, un PUE égal à 1 signifie que la totalité de l'énergie du *datacenter* est utilisée par les systèmes informatiques, là où une valeur de 1.5 renvoie au fait qu'un tiers de l'énergie utilisée l'est pour les infrastructures non-*IT*. L'objectif avéré d'un gestionnaire est donc de diminuer le PUE, censé être l'indice d'un meilleur respect environnemental.

D'emblée, ce qui frappe avec le calcul de cet indicateur est qu'il ne s'agit que d'une mesure relative, et non absolue : il ne renvoie pas directement aux conséquences écosystémiques réelles, mais au rapport entre deux consommations. On peut ainsi imaginer une situation fictive où des serveurs ne nécessitant ni climatisation ni

[94] thegreengrid.org [consulté le 20 mai 2017].
[95] « Le "Power Usage Effectiveness", mesure désormais de référence pour l'efficacité énergétique des "data centers" », *La Tribune*, 8 avril 2010.

système de sécurité recouvriraient la surface de la forêt amazonienne : le PUE serait égal à 1, sans pour autant qu'il ne soit l'indice d'un faible impact écologique [96].

Ensuite, cet indicateur, comme toute mesure de ce type, est la résultante de choix et de compromis qui tendent à disparaître sous l'apparence d'objectivité du résultat numérique final. Si l'on observe le détail des préconisations en matière de calcul du PUE dans le rapport de référence réalisé par The Green Grid, il est conseillé de pondérer les différentes sources énergétiques de la façon suivante : électricité x 1, gaz naturel x 0.35, fioul x 0.35, eau courante chauffée x 0.4, eau courante refroidie x 0.4 – ces coefficients renvoient au taux de conversion moyen (indexé sur les pratiques courantes sur le sol étasunien) dans la production de ces différentes sources énergétiques par rapport à l'étalon qu'est l'électricité dans le secteur *IT*, et ne sont donc pas des moyennes absolues mais simplement des outils de comparaison estimés réalistes. Les coordinateurs du rapport – respectivement issus de *Schneider Electric*, *Disney* et *Emerson Network Power* – admettent d'ailleurs volontiers la part de commodité utilisée dans leurs tables de coefficients [97].

Dans les faits, l'objectif d'un *datacenter* est d'afficher un PUE le plus proche possible de 1. Même s'il est à nouveau difficile d'obtenir des informations précises, puisque ces données sont elles aussi concurrentielles, des chiffres circulent néanmoins : 1.3 serait un « *bon score* », 1.7 une « *marge acceptable* », et un PUE de 2.1 est avoué du bout des lèvres, généralement suivi par une déclaration assurant que les innovations de l'année à venir devraient y remédier.

[96] Cette fiction n'est pas si délirante, dans la mesure où l'arrivée de la 5G implique un maillage total du territoire et pousse à l'installation de micro-*datacenters* (des baies précâblées) partout, à tel point qu'un responsable de *France Datacenter* s'interroge quant à une possible association avec l'Église catholique afin de bénéficier des innombrables sites d'implantation des églises pour y installer les machines.

[97] « *The source energy weighting factor is inherently a regional factor because the amount of fuel needed to produce one unit of electricity (or chilled water) will depend on the predominant method of electricity (or chilled water) generation in the specific country.* » Victor Avelar (*Schneider Electric*), Dan Azevedo (*Disney*) et Alan French (*Emerson Network Power*), *PUE™, a comprehensive examination of the metrics*, 2012, p. 32.

Il faut d'ailleurs noter que la diminution du PUE n'est absolument pas incompatible avec une réduction des coûts de fonctionnement d'un *datacenter*, car bien souvent, les industriels eux-mêmes s'étaient déjà interrogés sur les moyens de réduire la facture de climatisation, habituellement pharaonique. D'où les nouveaux systèmes de refroidissement dits de « *free cooling* », qui mobilisent l'air extérieur, plus froid (si ce n'est durant d'éventuels épisodes caniculaires) afin de diminuer la température des salles *IT*. Une salle machine est bien souvent organisée en allées froides (où les serveurs puisent en entrée de l'air réfrigéré) et allées chaudes (où les machines rejettent en face arrière de la chaleur), afin de rassembler la climatisation en un minimum de points.

Si ces améliorations permettent à la fois une réduction de la consommation énergétique en valeur absolue et une diminution du PUE, d'autres stratégies existent pour faire baisser la valeur de l'indicateur en « économisant » de l'énergie de façon relative. La plus courante consiste à récupérer la chaleur produite et à la revendre (ou la donner) à une tierce partie (serres agricoles, piscines municipales, etc.). Un ingénieur nous glisse néanmoins au cours d'un exposé que « *souvent, le plus simple, c'est de jeter la chaleur* », car le transport calorifique est loin d'être une affaire simple, ni nécessairement écologique. On voit désormais fleurir des entreprises sur le modèle de la reconversion calorifique de serveurs, comme *Qarnot computing* [98] qui propose d'installer des radiateurs « *intelligents* » chez des particuliers, ou *Stimergy* [99] qui passe contrat avec des copropriétés afin d'installer un système de préchauffage pour l'eau courante dans la cave d'un immeuble, grâce à des racks serveurs immergés dans une huile industrielle.

Les professionnels que nous avons rencontrés ne sont cependant pas tous convaincus de la réelle efficacité d'une amélioration du PUE par ce biais. Après nous avoir fait état d'une économie de 5 % dans la facture de chauffage d'un bâtiment public attenant, un ingénieur explique : « *C'est ce qui nous permet d'afficher l'étiquette* green. » Nous avons même assisté, au cours d'une journée d'étude consacrée aux bonnes pratiques à mettre en place dans les petits *datacenters*, à une controverse, cordiale mais ferme, entre plusieurs professionnels (« *Y'a des gens qui mettent dans leur PUE la chaleur*

[98] qarnot.com/fr/qrad [consulté le 20 mai 2017].
[99] stimergy.com/fr [consulté le 20 mai 2017].

donnée aux autres, c'est de la triche »), révélant du même coup l'arbitraire de la construction et le « *bricolage* » nécessaire à la constitution d'un marqueur « *scientifique* », qui s'avère être avant tout un outil politique de gestion et de communication. Un salarié d'*ATOS* (entreprise du CAC40, leader européen du *cloud*, de la cybersécurité et du supercalcul) conclut la discussion en ces termes désabusés : « *Le calcul, il est pas complètement objectif* ».

Conclusion

« *On ne sait pas s'il est plus efficace de mutualiser ou de disperser* », affirment certains professionnels. Pourtant, les *datacenters* sont un secteur industriel en pleine croissance. Le développement des applications sur *smartphone*, et notamment des jeux, nécessite des temps de réponse réseau très courts, et donc implique une proximité forte des lieux de stockage des données.

Contrairement à une idée reçue, le numérique, même à la vitesse de l'électron, a un besoin crucial d'ancrage sur ses territoires d'implantation. Si certains sites jouent avec l'aspect « *boîte noire* », il n'en reste pas moins qu'il existe un hiatus réel entre nos appareils dotés d'applications conviviales et ces lieux fermés qui rendent possible leur exécution. On peut donc penser que la conséquence de ce cloisonnement entre ces deux univers, pourtant structurellement intriqués, est de purifier l'image du numérique contemporain. Pour le dire autrement, les *datacenters* rendent internet propre, en tenant à distance ce qui pourrait ternir son image. Réaction à chaud anecdotique et bien peu académique, mais qui témoigne néanmoins de cet impensé contemporain : une étudiante venue à l'une des visites de *datacenters* organisée par nos soins raconte qu'à sa sortie du lieu, elle n'a pas pu s'empêcher d'avoir mauvaise conscience en allumant son ordinateur – les images de cette titanesque production industrielle de puissance technologique, et son coût environnemental réel, la hantaient.

Selon nous, cette dichotomie fondatrice radicalise l'un des phénomènes majeurs de l'histoire industrielle : la séparation entre espaces de production et de consommation. Comme le notaient les sociologues Matthieu Amiech et Julien Mattern lors du mouvement

des retraites de mai-juin 2003 contre la loi dite Fillon [100], plus le fossé se creuse entre production et consommation, moins les populations sont en mesure d'influer sur leur devenir politique et économique. À mesure que les prothèses informatiques deviennent une extension constitutive de notre corps et de notre esprit, c'est-à-dire de notre rapport au monde, les structures matérielles conditionnant leur fonctionnement sont de moins en moins susceptibles d'être questionnées. Nous défendons le fait que la compréhension des réels rapports de force politiques contemporains doit dépasser les discours lénifiants sur internet-qui-favorise-la-communication-et-le-partage pour observer la constitution matérielle des structures sociales. De ce point de vue, les *datacenters* apparaissent davantage comme des lieux d'accumulation de puissance, calculatoire bien sûr, mais aussi économique, industrielle, et *in fine* politique. Si l'on définit la technologie comme accumulation de puissance sociale [101], on comprend alors que les *datacenters* en sont de formidables condensateurs, à tel point que leurs détenteurs (dont les fameux GAFAM) pourraient bien devenir les principaux acteurs politiques de notre futur proche.

L'illusion de gain de temps, d'efficacité ou de progrès écologique rattachée au numérique ne peut perdurer qu'à condition de passer sous silence les nécessités premières de son fonctionnement. Et à mesure que l'immédiateté devient l'horizon quotidien de la condition humaine, la position stratégiquement structurante des *datacenters* ne pourra qu'être renforcée. En ce sens, ils constituent peut-être des accélérateurs de séparation, c'est-à-dire des producteurs d'impuissance politique.

Guillaume Carnino et Clément Marquet

Article publié dans la revue Zilsel n°3 2018/1.
https://www.cairn.info/revue-zilsel-2018-1-page-19.htm

[100] Matthieu Amiech et Julien Mattern, *Le cauchemar de Don Quichotte. Sur l'impuissance de la jeunesse d'aujourd'hui*, Paris, Climats, 2004.
[101] Cédric Biagini et Guillaume Carnino, « On arrête parfois le progrès », *in Les Luddites en France*, *op. cit.*, p. 5-59.

Clément Marquet

Ce nuage que je ne saurais voir

Promouvoir, contester et réguler les data centers *à Plaine Commune*

Mai 2018

Résumé

Tandis que les données informatiques deviennent un enjeu commercial et politique majeur, une infrastructure occupe une place croissante sur les territoires : les centres de stockage de données ou *data centers*. Les façades aveugles des entrepôts massifs dans lesquels s'installent leurs opérateurs nous projettent bien loin des nuages qu'évoquent le *cloud* ou des discours sur la dématérialisation permise par le numérique. Le nord de Paris connaît l'essor entre 1990 et 2015 de la plus importante concentration de centre de données en Europe, générant des interrogations croissantes et des controverses entre riverains, élus, agents territoriaux et employés en charge de la gestion des réseaux électriques. L'article propose d'éclairer ces tensions en montrant la pluralité des manières de rendre visibles les *data centers*, c'est-à-dire, en analysant les dimensions matérielles, économiques, juridiques et écologiques qui sont saisies par les acteurs du territoire pour promouvoir l'implantation de ces infrastructures, ou au contraire pour les contester. Ce faisant, l'article qualifie différentes modalités de l'invisibilité qui facilitent l'implantation des centres de données : il rend compte des conditions politiques et sociales de leur implantation. Il identifie également deux démarches initiées par les acteurs pour qualifier ce que font les infrastructures numériques au territoire. D'abord, les centres de données se développent initialement comme des projets immobiliers ordinaires, puis sont légitimés *a posteriori* par les acteurs qui les soutiennent afin de les rendre acceptables à moindres frais. Or ces infrastructures sont aussi ciblées par une

critique écologique du numérique, portée par des contestations qui en dénoncent l'empreinte environnementale et qui s'appuient sur les centres de données pour en matérialiser les conséquences.

Introduction

Tandis que les données informatiques deviennent un enjeu commercial et politique majeur, une infrastructure occupe une place croissante dans la circulation de l'information : leurs centres de stockage ou *data centers*. Leur propagation est allée de pair avec le développement de solutions de stockages et d'applications délocalisées pour Internet (surnommées *cloud*), grâce auxquelles les données des particuliers, des entreprises et des administrations sont logées chez des hébergeurs. Les centres de données sont considérés comme des infrastructures cruciales pour l'essor de l'économie numérique globale. Or les façades aveugles des entrepôts massifs dans lesquels ils s'installent nous projettent bien loin des nuages qu'évoque la métaphore du *cloud*.

De temps en temps, les questions géopolitiques liées à l'implantation de ces centres rappellent que la matérialité de l'Internet est aussi une question de territoire. Ainsi, lorsque le projet de loi sur le renseignement en avril 2015 a été soumis au parlement, sept opérateurs de centres de données ont menacé de délocaliser leurs activités, faisant valoir que leurs clients internationaux ne pourraient accepter de confier leurs données dans des espaces où les réseaux de télécommunication sont placés sous surveillance [102]. Dans d'autres circonstances, des développeurs informatiques recourent à des serveurs *offshore*, ce qui constitue un moyen de contourner les contraintes législatives pour mener des activités frauduleuses [Vétel, 2013].

La territorialisation des infrastructures de données a particulièrement intéressé les géographes, qui ont montré que la disponibilité d'un foncier peu cher, la proximité d'une alimentation électrique de forte puissance, l'accès à un réseau de télécommunications de bonne qualité et proche des dorsales de l'Internet (réseaux de longue distance à très haut débit), la

[102] Emmanuelle Delsol, 2015, « Projet de loi renseignement : le secteur numérique craint la perte de confiance » [en ligne], *L'usine digitale* [consulté le 4 mai 2018].

présence d'une desserte autoroutière et l'absence de risques majeurs (inondation, tremblement de terre, ouragan, etc.) gouvernent l'implantation des centres de données [103] [Moriset, 2003 ; Bakis, 2013]. Ces facteurs, recherchés par les hébergeurs, expliquent en partie pourquoi les périphéries des grandes villes sont des sites de choix à leurs yeux pour y implanter ce type d'infrastructures.

À la fin des années 1990, la croissance fulgurante du secteur des télécommunications s'est ainsi accompagnée d'une implantation massive d'hébergeurs de serveurs dans certaines métropoles, telles que New York, Los Angeles, Londres, Amsterdam et Francfort [Evans-Cowley *et al*., 2002 ; Anacker et Evans-Cowley, 2005]. En France, entre le milieu des années 1990 et 2015, l'Établissement public territorial de Plaine Commune [104], au nord de Paris, a été le lieu de nombreuses installations, si bien que la concentration de centres de données y est la plus importante d'Europe [Thépin *et al*., 2015]. Une quinzaine de centres occupent 180 000 m² (*ibidem*), principalement répartis entre Saint-Denis, Aubervilliers et La Courneuve. Dans ce contexte, au début des années 2010, les infrastructures de stockage de données ont fait l'objet d'interrogations croissantes de la part de riverains, d'élus, d'agents territoriaux et d'employés d'Électricité réseaux distribution France (ERDF) [105] en charge de la gestion des réseaux électriques. L'implantation des bâtiments à Plaine Commune a alors occasionné des débats qui ont clivé personnel politique, administration, militants écologistes et riverains. La découverte de ces nombreux centres suscite une controverse pointant notamment du doigt l'invisibilité de ces centres de données.

L'invisibilité est considérée comme une caractéristique classique des infrastructures, au point d'être souvent mise au cœur de leur définition. En général, les infrastructures échappent à la perception

[103] Certains facteurs peuvent être favorisés au détriment d'autres. Ainsi, OVH a conçu le plus grand centre de données d'Europe (20 000 m²) à Gravelines, à proximité de la plus grande centrale nucléaire d'Europe et d'une quinzaine de sites classés Seveso. L'hébergeur se situe en revanche à proximité d'un nœud réseau de l'un de ses fournisseurs en fibre optique et bénéficie d'un apport en électricité direct depuis la centrale [Bakis, 2013].

[104] L'Établissement public territorial de Plaine Commune comprend neuf villes : Saint-Ouen, Saint-Denis, Aubervilliers, La Courneuve, Stains, Pierrefitte-sur-Seine, Villetaneuse, Épinay-sur-Seine et l'Île-Saint-Denis.

[105] ERDF devient Enedis en 2016.

quotidienne de celles et ceux qui en bénéficient, qu'elles soient dissimulées (souterraines, comme les câbles de fibre optique) ou simplement devenues évidentes et banales, comme une autoroute. Cette invisibilité a été étudiée dans des registres variés, que ces infrastructures soient informationnelles [Bowker *et al.*, 2010] ou physiques [Furlong, 2010). Cette notion est généralement mobilisée pour donner à voir ce qu'il se passe lorsque les infrastructures (re)deviennent visibles. Les auteurs insistent alors sur les situations de panne [Star, 1999 ; Graham éd., 2010], sur le travail de maintenance sur lequel repose leur bon fonctionnement [Graham et Thrift, 2007], ou encore sur les manières dont la conception des infrastructures incorpore une dimension politique qui structure nos comportements [McFarlane et Rutherford, 2008], nos habitudes de travail [Star et Ruhleder, 2010], voire exclut certaines populations [Star, 1991].

Plus précisément, l'invisibilité des centres de données est généralement envisagée sous deux aspects. D'une part, comme toute infrastructure, ils sont invisibles pour l'utilisateur, celui-ci n'ayant pas besoin d'avoir conscience du système technique sous-jacent au fonctionnement d'Internet pour utiliser ses applications. D'autre part, architectes et géographes soulignent la « furtivité » des bâtiments [Varnelis, 2002 ; Graham, 2015], qualifiant ainsi les architectures anonymes et génériques des centres de données qui ne donnent généralement aucun signe sur la nature de leurs activités. Que ce soit dans d'anciens immeubles d'appartement en centre-ville, ou dans des entrepôts en banlieue industrielle, c'est l'intérieur de ces espaces qui est réaménagé pour accueillir salles de serveurs, systèmes de climatisations et groupes électrogènes. Pour le géographe Stephen Graham, ces bâtiments sont « impossibles à identifier, si ce n'est pour une poignée d'enthousiastes des infrastructures, de chercheurs en quête d'urbanisme ésotérique » [Graham, 2015, p. 35].

Cependant, il semble que ni l'invisibilité des centres de données, ni la furtivité des architectures ne suffisent à expliquer l'intérêt qu'ils ont suscité auprès de nombreux acteurs de Plaine Commune au début des années 2010, et les conflits qui les ont tout aussi vivement opposés. Comment les infrastructures du numérique se révèlent-elles aux acteurs dans un territoire donné ? Quelles dimensions (matérielles, économiques, juridiques, écologiques et

politiques) des centres de données sont mobilisées pour les promouvoir ou, au contraire, pour les contester ?

Cet article interroge les manières par lesquelles l'invisibilité des centres de données a été problématisée par les acteurs de Plaine Commune et montre la pluralité des manières de les rendre visibles. Ainsi, il donne à voir l'émergence de la part matérielle et territoriale du numérique et met en lumière les difficultés que son appréhension pose tant aux acteurs qui la gouvernent qu'à ceux qui la contestent. Ce faisant, j'identifie cinq modalités de l'invisibilité qui deviennent des problèmes pour les acteurs : le manque d'attention des élus, la furtivité des bâtiments, l'opacité des opérateurs, le confinement des décisions politiques et l'indifférenciation réglementaire. J'identifie également deux démarches initiées par les acteurs pour prendre en compte ce que font les infrastructures numériques au territoire. D'abord, les centres se développent initialement comme des projets immobiliers ordinaires, puis sont légitimés *a posteriori* par les acteurs qui les soutiennent afin de les rendre acceptables à moindres frais. Or ces infrastructures sont aussi ciblées par une critique écologique, qui s'appuie sur leur présence pour dénoncer de façon plus générale en dénonce l'empreinte environnementale de l'utilisation massive des technologies numériques.

En prêtant attention aux conditions territoriales de promotion, de contestation et de régulation des centres de données, cet article espère contribuer aux recherches sur l'Internet qui rendent compte notamment des conséquences matérielles des choix techniques opérés dans l'architecture du web [Musiani et Schafer, 2011 ; Parks et Starosielski éd., 2015]. De plus, alors que l'utilisation croissante des technologies numériques dans la ville, souvent résumée par la notion de ville intelligente, suscite de nombreuses recherches portant sur les services et les formes de gouvernement incorporés dans les logiciels [Kitchin, 2014 ; Vanolo, 2014], cet article participe à l'étude de la matérialité de ces technologies [Rutherford, 2009] et montre que leur part urbaine soulève des problèmes de concurrence dans l'occupation et l'approvisionnement électrique, donnant une prise à des contestations d'ordre écologique. Autant d'éléments qui permettent d'élargir les critiques portant sur la ville intelligente, trop souvent réduites à des questions de surveillance et de gouvernementalité [Gardin *et al*. éd., 2016].

L'analyse se déploie en quatre temps : d'abord, je rends compte de la discrète implantation des centres de données en revenant sur l'organisation administrative de Plaine Commune, les processus de décision et la politique de rénovation urbaine que connaît l'agglomération depuis le milieu des années 1990. Ensuite, je présente deux crises qui ont contribué à rendre visibles ces centres sur le territoire entre 2010 et 2012 : d'une part, la menace de pénurie d'énergie, d'autre part, la réforme de la taxe professionnelle. Puis, j'analyse la constitution des mobilisations locales à leur encontre (pétitions, marche, procès) et leurs conséquences politiques. Enfin, j'interroge la fragilité des instruments de régulation des politiques face aux promesses d'une industrie globale et opaque.

Plaine Commune constitue un terrain privilégié pour étudier de telles questions, au regard des discussions ouvertes par la controverse autour de l'implantation des centres de données, et des prises de position tranchées qui s'en sont ensuivies. Cet article s'appuie sur une quinzaine d'entretiens avec des élus, des membres de l'administration et des techniciens de la communauté d'agglomération, des riveraines mobilisées, un bureau d'étude ainsi que sur l'ethnographie d'un Toxic Tour Detox organisé autour d'une installation à La Courneuve. Il se fonde également sur l'étude de différents documents techniques et administratifs de Plaine Commune et d'ERDF, ainsi que des articles de presse. Difficilement accessibles, les hébergeurs de serveurs ont été approchés mais n'ont pas donné suite aux demandes d'entretiens. C'est aussi qu'ils s'expriment rarement hors des milieux confinés dans lesquels se prennent les décisions liées à leur implantation. Tout l'enjeu de cet article consiste justement à éclairer ces tensions entre pouvoir confiné, implantation discrète et travail de mise en visibilité de ces infrastructures.

De l'opportunisme à la promotion : une implantation discrète

Les centres de données s'implantent à Plaine Commune à la fin des années 1990 selon une logique opportuniste. Tandis que les réseaux de l'Internet se construisent, les collectivités territoriales ne leur prêtent qu'une attention modérée [Duféal et Grasland, 2003]. À Plaine Commune, Aubervilliers constitue un nœud central

grâce à la présence historique de France Télécom [106]. Les hébergeurs de serveurs s'agglomèrent pour bénéficier de la proximité de l'opérateur et limiter les coûts de raccordement. Par ailleurs, les hébergeurs constituent une manne financière non négligeable pour Plaine Commune qui, à la fin des années 1990, met en place d'importantes politiques de rénovations urbaines à la suite de la construction du Stade de France à Saint-Denis à l'occasion de la Coupe du monde de football de 1998 [Bacqué, 1998]. Selon le directeur du Service développement économique de Plaine Commune [107] (en poste depuis la création de l'Établissement public territorial en 2000), ce sont ces rénovations massives qui ont attiré l'attention des promoteurs des centres. Ces centres informatiques sont ainsi d'abord envisagés comme des biens immobiliers s'implantant à la faveur de projets d'aménagements ponctuels, et non comme un réseau qui structurerait le territoire. En effet, l'implantation des bâtiments, infrastructures coûteuses, est du ressort des « sociétés traditionnelles de l'immobilier d'affaire » [Moriset, 2003] qui identifient des terrains susceptibles d'accueillir les installations et contactent les élus et agents territoriaux de Plaine Commune pour échanger autour des projets d'implantation. De plus, plusieurs élus ou anciens élus racontent ne pas avoir entendu parler de ces projets en Conseil municipal.

Ceci peut s'expliquer par l'organisation administrative de Plaine Commune. Les élus communautaires, qui forment un conseil d'environ quatre-vingts membres, détiennent le pouvoir de décision. Or de nombreuses décisions sont prises en comité réduit, par le bureau communautaire, composé du président de l'agglomération et des seize vice-présidents. Chaque vice-président est associé à un service territorial, qui doit mettre en application les décisions des élus. Dans le cas de l'implantation des centres de données, les projets sont généralement présentés par des promoteurs immobiliers au Service développement économique. Les délibérations ont lieu en bureau communautaire restreint, après avoir réalisé des études, avec le maire de la ville concernée, les quelques vice-présidents présents et le président. Les conseils municipaux ne sont donc pas sollicités [108]. En effet, à la création de

[106] Privatisée en 2004, France Télécom est renommée Orange en 2013.
[107] Entretien avec le directeur du Service développement économique de Plaine Commune, 26 juin 2015.
[108] Entretien avec un élu Europe Écologie Les Verts de Saint-Denis, 28 juin 2015.

Plaine Commune en 2000, les collectivités ont notamment délégué à l'Établissement public territorial de nombreuses compétences liées à l'aménagement [109].

Je qualifie l'implantation des centres de données à Plaine Commune de discrète pour trois raisons : d'abord, comme on l'a vu, les décisions qui les concernent sont prises dans des espaces confinés, non débattues dans les conseils municipaux. À l'image de nombreux autres projets immobiliers, ils ne sont pas perçus comme pouvant susciter des oppositions ou difficultés. Ensuite, les travaux visant à rénover la Plaine dans la même période transforment en profondeur l'espace urbain (Malézieux, 2003 ; Bertho, 2008). Souvent comparées à des entrepôts, les infrastructures du numérique se fondent tant dans l'environnement d'entrepôts d'un territoire anciennement industriel que dans l'agitation des rénovations dont il fait l'objet. Le vice-président à l'écologie urbaine de Plaine Commune (2008-2014) affirme lors d'un bureau communautaire que « les *data centers* ont profité d'un effet d'aubaine, non contrôlé par Plaine Commune, dans le cadre de leur installation sur le territoire de la Communauté d'agglomération » [110]. Enfin, ils reçoivent une attention tardive d'une partie du corps politique. C'est au fil du temps, et notamment par la multiplication des installations, qu'ils deviennent un objet de préoccupation de la part des élus [111], que ce soit dans une perspective de promotion ou de contestation de l'implantation des infrastructures [112]. Comme nous allons le voir, un premier moment de mise en visibilité des centres de données sur le territoire advient avec une crise concernant l'approvisionnement en électricité.

[109] Source Plaine Commune [en ligne], [consulté le 4 mai 2018].
[110] Procès-verbal du conseil communautaire de Plaine Commune, séance du 25 juin 2013.
[111] Entretien avec le directeur du service développement économique de Plaine Commune, 26 juin 2015.
[112] Des documents indiquent une démarche de promotion du territoire pour l'implantation de centres de données à partir de 2009. Alors, le vice-président au développement économique de Plaine Commune déclare l'EPT « capitale française des *data centers* », au regard de la concentration d'installations (plaquette du SIMI, 2009/2010).

Énergie et fiscalité : des fissures dans les forteresses ?

La crise de l'énergie et l'exercice d'une volonté politique

Pour comprendre la crise de l'énergie qui a mis les centres de données sur le devant de la scène, on peut retracer brièvement l'expérience d'un élu d'Aubervilliers. Sa trajectoire permet de rendre compte d'une appropriation politique et d'une promotion des infrastructures qui ont contribué à les rendre visibles.

En 2008, il est nommé troisième adjoint au maire PS d'Aubervilliers, en charge du développement économique, de l'urbanisme et du développement durable. Élu municipal, il ne participe donc pas aux cercles restreints de Plaine Commune prenant des décisions sur les centres. En 2009, il inaugure une installation dont le permis de construire a été signé lors du précédent mandat. Il découvre à cette occasion l'existence de cinq centres à Aubervilliers dont « personne [ne] parlait »[113]. Accompagné par un cabinet de conseil, l'élu construit une vision politique de l'implantation de ces infrastructures comme objet de développement urbain[114] en les connectant à deux objectifs politiques a priori déconnectés. D'une part, les installations permettent selon lui de lutter contre l'implantation « des entrepôts d'import-export chinois »[115] qui s'installent à Aubervilliers et de les « recycler »[116] dans cette nouvelle industrie. D'autre part, il veut faire de leurs bâtiments un instrument de police urbaine. Bien souvent entourés de grillages, ces entrepôts présentent de longues façades aveugles et multiplient les caméras de sécurité. Selon l'élu, il faut bien ça pour « calmer le tissu urbain » dans un territoire où la sécurité est une préoccupation importante des électeurs.

[113] Entretien avec l'élu en charge de l'urbanisme d'Aubervilliers (2008-2014), 19 mai 2015.

[114] Les arguments qui suivent sont le fait d'un consultant senior chez Critical Buildings, bureau d'étude spécialisé en *data centers* qui conseille l'élu. Entretien avec le consultant senior, 29 avril 2016.

[115] Après la désindustrialisation des années 1970, Aubervilliers est en effet devenu « l'une des plus importantes places d'importation de produits asiatiques d'Europe », si bien que l'on parle à son égard de « nouveau Sentier chinois » (Rustenholz, 2015, p. 251-252).

[116] Entretien avec l'élu en charge de l'urbanisme d'Aubervilliers (2008-2014), 19 mai 2015.

L'architecture des centres de données est ainsi présentée comme un dispositif de prévention situationnelle, c'est-à-dire comme un objet urbain qui « vise à modifier les coûts et les bénéfices du passage à l'acte criminel, afin de rendre le crime plus difficile, plus risqué et moins profitable » [Bonnet, 2012, p. 26].

Sur ces considérations, en 2011, l'élu décide d'installer un centre de données supplémentaire sur la commune d'Aubervilliers. Il découvre alors par l'intermédiaire d'ERDF que les bâtiments bouleversent le système d'approvisionnement électrique du territoire. D'abord, la consommation des installations a considérablement augmenté en dix ans : la superficie des salles de serveurs à l'intérieur des bâtiments a parfois été multipliée par dix [117], et l'augmentation de la puissance de calcul des équipements informatiques nécessite en retour davantage d'énergie pour les faire fonctionner [118]. Ensuite, et surtout, les opérateurs s'engagent à assurer une continuité de service à leur client, c'est-à-dire une connexion permanente à l'Internet. Pour cela, ils garantissent un approvisionnement continu en électricité, et s'efforcent d'anticiper sur la possible croissance de leurs clients en réservant par avance de la puissance électrique auprès d'ERDF. Cette mécanique de la réservation a une autre fonction : les hébergeurs cherchent à empêcher leurs concurrents de s'installer sur le territoire, non pas en réservant des friches pour limiter l'espace foncier (trop coûteux), mais en saturant la puissance énergétique disponible.

Pour schématiser, un poste source (point d'arrivée de l'électricité dans une localité) peut fournir une puissance électrique X. Le centre, pour fonctionner à plein régime, a besoin d'une ligne de puissance Y. Or, par mesure de sécurité, il va réserver une seconde ligne, Z, de puissance égale à Y, auprès d'un autre poste source, en cas d'incident sur la première ligne. Z n'est pas utilisée, mais comme l'énergie est réservée, ERDF ne peut répondre à d'autres demandes. Par ailleurs, les clients ne paient que pour l'électricité consommée, et non pour la puissance électrique réservée. Dans la dynamique de concurrence, les hébergeurs tendent à surestimer leurs besoins et donc leurs réservations auprès d'ERDF. Lorsque le

[117] Source : « La pénurie d'énergie menace les *data centers* » [en ligne], *Le Parisien*, consulté le 04 mai 2018.
[118] Charles de Laubier, 2006, « Les centres d'hébergement et "hôtels de données" sont pris d'assaut : surchauffe ! », *La Lettre des télécommunications*, n° 187.

réseau est saturé par les réservations, un nouveau poste source est nécessaire pour recevoir des entreprises supplémentaires. Les postes sources coûtent plusieurs millions d'euros et nécessitent sept à dix ans de construction – quand celle d'un centre prend deux à trois ans. Ces réservations se multipliant, le territoire est conduit à une saturation virtuelle, et non effective, de la puissance électrique disponible.

C'est en 2011, alors que la question d'un nouveau poste source devient critique, qu'une volonté politique plus franche se manifeste dans la communauté d'agglomération. Face à la menace de saturation énergétique, l'élu demande à l'agglomération à ce qu'un nouveau poste source soit construit. Le jour de la réunion de la communauté d'agglomération paraît un article dans *Le Parisien* : « La pénurie d'énergie menace les *data centers* » [119] auquel l'élu dit « ne pas être complètement étranger » [120], espérant par là convaincre ERDF d'agir prioritairement sur la Plaine pour la construction de nouveaux postes sources. Cependant, ce projet relève d'une échelle décisionnelle qui dépasse celle de la ville ou de la communauté d'agglomération ; les élus doivent convaincre ERDF, non pas au niveau départemental mais au niveau national. Cette situation de saturation virtuelle non seulement inquiète les élus favorables aux implantations, mais suscite aussi l'attention d'autres membres du personnel politique. En effet, cette saturation n'empêcherait pas uniquement les hébergeurs de serveurs de s'installer, mais pourrait aussi menacer l'arrivée d'autres entreprises ou la construction de logements.

La chute de la fiscalité et la transition énergétique : de l'impossibilité d'une politique commune

Parallèlement, en 2010, la réforme de la taxe professionnelle affecte considérablement les sources de revenus liées aux *data centers*. Jusqu'alors, elle contribuait à la discrétion de leur implantation : si des réticences se manifestaient, les montants

[119] Source : « La pénurie d'énergie menace les *data centers* » [en ligne], *Le Parisien*, consulté le 4 mai 2018.
[120] Entretien avec l'élu d'Aubervilliers en charge de l'urbanisme (2008-2014), 19 mai 2015.

suffisaient à les faire taire [121]. Dans le nouveau régime de taxation, l'installation d'un nouvel édifice est susceptible de ne rapporter qu'un dixième de ce qu'elle rapportait avant la réforme (Leicher, 2013). Face à un double problème énergétique et financier, quel serait en effet l'intérêt d'accueillir des centres de données supplémentaires [122] ? Ces inquiétudes sont notamment portées par le vice-président à l'écologie urbaine, pour qui la présence des infrastructures contrevient à la transition énergétique qu'il veut mettre en œuvre sur le territoire, ayant notamment pour objectif de réduire la consommation d'énergie de 20 % à l'horizon 2020 [123].

Pour informer les élus de la situation, une enquête menée conjointement par des agents de Plaine Commune et de l'Agence locale de l'énergie et du climat (ALEC) aboutit en 2013 à la production de deux rapports. L'un, interne, interroge la place des hébergeurs en matière de fiscalité et d'emplois. L'autre, public, porte sur les impacts environnementaux et énergétiques des centres de données. Les équipes espèrent susciter un débat et pousser les élus à établir une stratégie commune à l'égard des demandes d'implantation, en prenant notamment des mesures plus contraignantes vis-à-vis des dossiers à venir. Les enquêtes sont difficiles, les hébergeurs évitant généralement de répondre aux questions au nom du secret commercial [124].

Le rapport de l'ALEC est présenté lors d'une réunion publique qui divise l'administration [125]. Le débat se structure autour de trois éléments du rapport : d'abord, les centres de données emploient peu, alors qu'ils occupent un foncier important. La note interne estime que les *data centers* fournissent en moyenne un emploi temps plein pour 10 000 m^2, contre une cinquantaine d'emplois temps plein en moyenne pour la même surface occupée par d'autres secteurs activités à Saint-Denis et à Aubervilliers. Ensuite,

[121] Entretien avec le directeur du Service développement économique de Plaine Commune, 26 juin 2015.
[122] Ce problème se pose d'ailleurs dans des termes similaires à Val d'Europe, dont la directrice du développement économique pointe le faible intérêt d'avoir d'autres projets de centres de données à la suite de la réforme (Hampikian, 2017, p. 196).
[123] Engagement au travers de l'adoption du Plan climat énergie territorial (PCET) en 2010 par Plaine Commune, entretien avec l'agent territorial en charge du PCET, 8 avril 2015.
[124] Entretien avec l'ingénieur en charge du rapport de l'ALEC, 28 avril 2015.
[125] Marylène Lenfant, 2013, « Les *data centers* dans le collimateur de Plaine Commune » [en ligne], *Journal de Saint-Denis*, consulté le 4 mai2018.

la puissance électrique réservée auprès d'ERDF impressionne les auteurs qui la rapportent aux consommations des villes : un centre de données de 10 000 m^2 exige une puissance électrique équivalente à celle nécessaire pour alimenter une ville de 50 000 habitants. Enfin, le rapport de l'ALEC propose des pistes de régulation pour les implantations à venir, notamment le raccordement au réseau de chaleur local, pour diminuer la perte de la chaleur fatale produite par la climatisation nécessaire au refroidissement des serveurs.

Préférant des incitations à des mesures contraignantes (point sur lequel je reviens plus bas), les partisans des centres de données insistent sur le rôle que peuvent jouer ces infrastructures dans l'attractivité internationale du territoire, ainsi que dans la production d'emplois locaux indirects [126]. Les centres sont alors comparés aux gares ferroviaires, qu'ils voient comme une infrastructure essentielle au développement économique des territoires lors de l'arrivée du train. Le vice-président au développement économique de Plaine Commune affirme en entretien que « les territoires qui ont rejeté les réseaux ferrés s'en mordent encore les doigts » [127]. Les arguments relatifs à la consommation énergétique sont balayés, considérant que la consommation des trains n'est pas interrogée. Là où la multiplication des projets est considérée comme un problème, certains élus célèbrent l'émergence d'une industrie : « je ne leur ai pas dit comme ça, mais "vous vous réveillez mais maintenant il y a une vraie filière industrielle qui existe sur le territoire" » (*ibidem*). L'absence de consensus produit une crise dans l'administration : les centres de données cristallisent une tension politique qui travaille les institutions de l'intérieur, entre développement économique et engagements écologiques visant notamment à réduire la consommation énergétique du territoire.

Les crises liées à la consommation électrique des infrastructures et aux pratiques de réservation des hébergeurs poussent les élus favorables aux centres de données à s'engager activement pour permettre leur implantation. Cet engagement actif rend visible

[126] Ce point, objet d'importants désaccords, reste suspendu à la réalisation d'études supplémentaires.
[127] Entretien avec le vice-président au développement économique de Plaine Commune, 22 mai 2015.

l'importante présence des *data centers* sur le territoire et suscite des débats dans l'administration. Cependant, c'est uniquement lorsque les recettes fiscales liées aux installations diminuent que les acteurs politiques, inquiets de la présence des centres de données, trouvent une prise pour mener des enquêtes et faire valoir leurs préoccupations. L'opposition qui traverse l'administration crée une impasse politique qui, tout en empêchant la mise en place d'instruments de régulation, maintient aussi ouvertes les possibilités de nouvelles implantations. Non résolue, la tension ne reste pas contenue dans les couloirs de l'administration : elle attire l'attention d'habitants et de militants écologistes.

Les *data centers* comme problème public ? Procès et mobilisations

À Aubervilliers et à La Courneuve, des implantations de centres de données attirent l'attention de riveraines [128]. À La Courneuve, les habitantes de la rue Rateau s'étaient auparavant mobilisées, avec succès, contre une société de gestion de déchets stockant les camions à ordures de Paris sur une plate-forme de béton en face de chez elles. Le projet est ainsi abordé avec méfiance. À Aubervilliers, l'implantation d'un nouveau centre de données est programmée rue Léopold Rechossière, à proximité de deux lieux artistiques et culturels importants dans la politique albertivillarienne, notamment en matière de préoccupations liées à l'écologie : les laboratoires d'Aubervilliers et la cité de la Maladrerie. Les habitantes interpellent leurs élus respectifs pour leur poser des questions sur la consommation électrique des infrastructures, leurs possibles raccordements aux réseaux de chaleur locaux, ainsi que sur la nature des activités économiques hébergées dans les centres de données, s'inquiétant notamment de l'inadéquation entre les orientations politiques du territoire (historiquement communiste) et la nature des activités hébergées dans les serveurs (publicité, jeux en ligne, finance).

Les rencontres avec les élus (notamment l'adjoint à l'urbanisme d'Aubervilliers présenté précédemment, et le maire de La

[128] Valérie Lessertisseur, 2011, « TelecityGroup sur le site de France machine outils - rue Léopold Réchossière » [en ligne], *Les data centers de Plaine Commune*, consulté le 4 mai 2018 ; un habitant de La Courneuve, 2011, « Parlons un peu de développement durable » [en ligne], *La Courneuve 4 Routes*, consulté le 4 mai 2018.

Courneuve depuis 1996, membre du Parti communiste français) se passent très mal. Les riveraines ont peu de marge de manœuvre face au discours du progrès employé pour légitimer les infrastructures : « soit c'est le *data center*, soit c'est votre téléphone ». Le centre de données est présenté comme la condition matérielle des pratiques technologiques de toute la société, et elles se voient interdites de la mettre en discussion. Par ailleurs, un journal de la communauté d'agglomération, *En Commun*, présente l'installation comme une aubaine pour l'emploi sur le territoire, en annonçant que le bâtiment accueillera trois à quatre cents salariés [129] – estimation largement supérieure, comme on l'a vu, à celle présentée un an plus tard dans le rapport de l'ALEC. Ces relations difficiles et ces informations dissonantes font naître un trouble, une défiance à l'endroit des élus et des infrastructures. Les riveraines de La Courneuve et d'Aubervilliers en parlent autour d'elles, se rencontrent et unissent leurs forces pour faire connaître leurs inquiétudes et mobiliser autour de leur problème. Leur opposition aux centres de données se concentre essentiellement autour de l'hébergeur situé à La Courneuve [130] et prend deux formes : celle d'une démarche judiciaire et celle d'une mobilisation collective.

Un procès contre l'infrastructure du progrès

En janvier 2013 s'ouvre à La Courneuve une enquête publique concernant l'autorisation d'exploitation d'un centre de l'hébergeur Interxion. Cette démarche de concertation surprend les habitants puisque le bâtiment a été inauguré l'année précédente. Les riverains découvrent alors que le centre est une Installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE), c'est-à-dire susceptible de présenter des dangers pour les habitants à proximité. En effet, les centres de données stockent d'importantes quantités de fuel pour garantir le fonctionnement de l'infrastructure pendant plusieurs jours en cas d'interruption de

[129] Source : « Précieuses données », *En Commun*, nº 79, décembre 2011/janvier 2012, p. 7.

[130] Le projet de centre de données située rue Léopold Réchossière, à Aubervilliers, ne verra jamais le jour. Le délai d'attente pour obtenir l'électricité étant trop long, l'investisseur, Colony Capital, et l'hébergeur, Data4 ont changé leurs projets. Sandrine Cassini, 2015, « Data4 armé pour investir massivement » [en ligne], *Les Échos*, consulté le 4 mai 2018.

l'alimentation électrique, posant des risques d'explosion. Par ailleurs, les riveraines se plaignent de nuisances sonores liées au fonctionnement des climatisations qui refroidissent les serveurs. Elles font circuler une pétition, dénonçant le risque et l'absurdité d'une procédure arrivant après coup : que peut changer l'enquête publique si le bâtiment est déjà opérationnel ?

Bien qu'étonnante, la démarche d'Interxion est pourtant légale. La procédure ICPE est longue, et souvent dénoncée par les hébergeurs comme étant un frein à l'investissement en France. La pratique de l'enquête publique relève d'une obligation légale : il s'agit d'une routine procédurale dont les limites en termes de concertation sont bien connues [Webler et Renn, 1995]. Mais Interxion prend le parti surprenant de faire construire la première moitié du bâtiment (non soumise à procédure) avant l'enquête et de réaliser rapidement l'étude d'impact environnemental. C'est sur ce dernier point que les riveraines se mobilisent avec la création de l'association Urbaction'93 pour intenter un procès à l'opérateur. Leur action en justice s'appuie sur des failles dans le dossier ICPE présenté lors de l'enquête qui concernent à la fois les informations fournies quant aux quantités de fuel stockées et aux mesures prises pour limiter les nuisances sonores. Les riveraines obtiennent gain de cause, mais la préfecture intervient dans le jugement : l'arrêté préfectoral considère que c'est « la qualité de l'étude d'impact », et non « l'activité du centre d'hébergement », qui a été jugée par le tribunal [131]. Les nuisances sonores sont considérées comme prises en compte par l'architecture, les risques liés à l'activité « improbables ». L'opérateur est ainsi autorisé à poursuivre l'exploitation, tout en s'engageant à réaliser une nouvelle enquête publique, qui est conduite et validée en 2016. On voit ainsi à l'œuvre un effet d'irréversibilité de la mécanique d'implantation en deux temps : les investissements déjà engagés ne peuvent être mis en danger par une étude d'impact trop rapidement réalisée.

Le data center comme source d'injustice environnementale

L'opposition locale aux centres de données ne se limite cependant pas à un procès contre l'implantation. Les dimensions

[131] Christophe Lagagne, 2015, « Le *datacenter* Interxion PAR7 apte à poursuivre ses activités » [en ligne], *Silicon*, consulté le 4 mai 2018.

écologiques des questions soulevées par les riveraines attirent l'attention d'une habitante d'Aubervilliers, journaliste spécialisée dans les sujets d'écologie pour le journal en ligne *Mediapart*, dans lequel elle consacre en 2014 trois publications aux mobilisations contre les centres de données à Plaine Commune. Elle fait aussi partie d'un collectif créé par des habitants de Seine-Saint-Denis qui organise des Toxic Tour Detox [132], des « visites guidées des lieux de pollution et d'émission de gaz à effet de serre » [133] prenant à rebours les politiques de valorisation patrimoniale glorifiant le passé industriel de la Plaine. Ces visites portent notamment sur les conséquences climatiques et territoriales des infrastructures telles que les autoroutes (A1, A86) et les aéroports (Roissy et Le Bourget), auxquels sont ainsi associés les centres de données. Ceux-ci font l'objet de deux visites, l'une en 2014 à Aubervilliers, et l'autre en 2015 à La Courneuve (voir figure 1).

https://journals.openedition.org/traces/docannexe/image/8235/img-1-small580.jpg

Figure 1. *Data center* d'Interxion, objet de la mobilisation du Toxic Tour Detox.

[132] Le terme désigne à la fois le collectif et les événements qu'ils organisent.

[133] Observation du Toxic Tour Detox du 25 janvier 2015 portant sur les *data centers* à La Courneuve.

Les promenades mettent en scène les bâtiments et leurs problèmes : l'enjeu est, d'une part, de rendre perceptibles des infrastructures dont l'invisibilité est dénoncée par les membres du collectif : « on ne le voit pas de l'extérieur, mais c'est un *data center*, […], aucune affichette ne le signale, et cette invisibilité fait partie du problème des *data centers* » (*ibidem*). D'autre part, de maintenir une opposition locale qui recherche du soutien et de faire valoir un potentiel lien entre *data centers* et transformations climatiques [Marty, 2015]. S'appuyant abondamment sur le rapport de l'ALEC, le Toxic Tour Detox fait des centres un problème de « justice environnementale » et de « justice climatique ». Il suggère tout d'abord que le progrès est vecteur de pollutions et d'inégalités dont les conséquences sont généralement payées par les populations les plus défavorisées de Plaine Commune dont une partie est en situation de précarité énergétique. Il met ainsi en avant le contraste entre l'importance de la consommation locale des infrastructures et les difficultés que peuvent rencontrer les habitants du département à payer leurs factures de chauffage et d'électricité [Lindgaard, 2015]. Il utilise ensuite la présence de l'infrastructure pour poser des questions générales quant aux conséquences de l'informatique sur les émissions de gaz à effet de serre, interrogeant les promesses du numérique en termes de dommages environnementaux.

Que retenir de ces oppositions ? D'abord, que deux types de critiques s'articulent : l'une, plus locale, met en avant les nuisances sonores, les risques et l'absence de démocratie, rencontre une autre, plus environnementale et technocritique [Jarrige, 2014]. Pour le collectif Toxic Tour Detox, rendre visible l'infrastructure, c'est interroger la présence du bâtiment dans des termes articulant injustice environnementale et conséquences climatiques. Aussi riches que soient ces critiques, nous avons également vu qu'elles sont victimes d'une asymétrie de pouvoir vis-à-vis des promoteurs des centres, qui bénéficient du soutien des pouvoirs exécutifs et juridiques.

Acceptabilité et bonnes pratiques : quelles régulations envisageables vis-à-vis des *data centers* ?

Néanmoins, les préoccupations qui sont mises en avant tant par les riveraines que par certains acteurs politiques réticents ne sont pas sans conséquences. Élus favorables et acteurs industriels cherchent des solutions pour rendre les *data centers* plus acceptables. Dans cette perspective, quatre leviers sont alors souvent mentionnés : les catégories juridiques réglementant leur fiscalité, l'intégration urbaine, l'emploi et l'écologie. Ces quatre leviers m'intéressent pour approfondir les modalités d'invisibilité et de mise en lumière des infrastructures.

L'invisibilité des centres de données peut être envisagée comme un problème d'indifférenciation juridique. Un consultant résume la situation : « on n'existe pas, on n'a pas de case » [134]. Ce vide n'en est bien sûr pas un puisqu'ils sont, par exemple, soumis à la procédure ICPE. Leurs promoteurs souhaitent par conséquent les inscrire dans des réglementations plus spécifiques, considérant notamment qu'ils ne doivent pas relever du secteur tertiaire (l'hébergement étant une activité de service), mais du secteur industriel. Un tel changement de catégorie permettrait à la fois de mieux maîtriser les terrains susceptibles de recevoir des centres de données et d'augmenter les revenus liés aux impôts locaux [135]. Ainsi, l'administration de Plaine Commune essaie de convaincre les députés [136] et les services fiscaux [137] que les centres sont des entrepôts *high-tech* et les présentent comme une activité industrielle lucrative méritant en cela une classification particulière. Ces installations de grandes tailles, stockant du fuel et des générateurs d'urgence, ont rendu inadéquates les catégories traditionnelles de l'hébergement de service employées par les acteurs (législateurs et hébergeurs) dix ans plus tôt [Carnino et Marquet, 2018]. On notera que les activités d'entrepôts sont elles

[134] Entretien avec le consultant senior chez Critical Buildings, 29 avril 2016.
[135] Entretien avec le directeur du Service développement économique de Plaine Commune, 26 juin 2015.
[136] Marie-George Buffet, 2013, « Question nº 41093 » [en ligne], *Assemblée nationale*, consulté le 4 mai 2018.
[137] Entretien avec le directeur du service Développement économique de Plaine Commune, 26 juin 2015.

aussi marquées par le brouillage des frontières entre activité de service et processus industriels [Gaboriau, 2016].

Différemment de l'approche juridique, qui vise à faire exister les centres de données comme activité singulière aux cadres réglementaires adaptés, au travers des questions d'intégration urbaine, d'emploi et d'écologie, les élus cherchent à réintégrer les infrastructures dans leur environnement pour ne plus donner prise à la contestation. Pour les acteurs politiques qui les soutiennent, il s'agit d'inciter les hébergeurs à fondre à nouveau leurs installations dans le décor en travaillant sur l'architecture et les nuisances sonores. Bien que Kazys Varnelis [2002] et Stephen Graham [2015] insistent sur la « furtivité » des centres de données, les questions soulevées autour de leur intégration urbaine montrent que l'invisibilité esthétique des installations est loin d'être acquise. En effet, au-delà de l'apparence des façades, c'est souvent en raison de problèmes de nuisances sonores que les infrastructures du numérique sont identifiées et dénoncées par les riverains. Par exemple, il aura fallu deux ans aux riverains d'un centre de données de l'hébergeur Zayo, situé dans le quartier du Sentier à Paris, pour faire aboutir une procédure de limitation du bruit généré par la climatisation [138]. On peut toutefois noter que de tels désagréments mènent rarement à des contestations politiques plus importantes telles que celles à Plaine Commune. En revanche, pour les instances politiques comme pour les hébergeurs, éviter de susciter un trouble vis-à-vis des riverains, c'est aussi, dans une certaine mesure, prévenir les risques de controverses politiques sur le territoire.

Par ailleurs, les hébergeurs sont invités à signer la « Charte entreprise territoire », mise en place par Plaine Commune en 2005 et elle incite les entreprises à embaucher localement. Reconnaissant que la contribution des centres est alors très faible [139], le directeur de la société d'hébergement TelecityGroup (rachetée depuis par Equinix) s'engage dans la mise en place d'une formation professionnelle en partenariat avec l'IUT de l'université de Paris-XIII Villetaneuse. L'objectif est d'y former douze jeunes diplômés par an aux métiers de la gestion d'infrastructure

[138] Patrick Désavie, 2016, « Un *data center* trop bruyant dans le quartier de Paris » [en ligne], *L'Usine Nouvelle*, consulté le 4 mai 2018.
[139] Source : « Les *data centers* s'ouvrent aux jeunes du 93 » [en ligne], *Le Parisien*, consulté le 4 mai 2018.

d'hébergement (compétences croisées en génie électrique, climatisation et réseau de fibre optique et cuivre), avec un emploi garanti à la fin de la formation.

Enfin, le raccordement des centres de données au réseau de chaleur urbain pour chauffer les bâtiments qui les entourent suscite attentes et espoirs. Il s'agit là d'une réduction technique assez classique des questions d'écologie politique que peuvent poser les technologies numériques [Flipo *et al.*, 2013 ; Jarrige et Le Roux, 2017], qui tend à diviser les critiques. Le principe est le suivant : de consommateur d'électricité, le centre de données deviendrait aussi producteur de chaleur. Une telle convergence infrastructurelle contribuerait à donner une dimension vertueuse à la consommation des données, car faire tourner des ordinateurs n'équivaudrait plus à consommer de l'électricité, mais à chauffer des piscines, des logements, etc. Ainsi, à Aubervilliers, l'hébergeur TelecityGroup a réalisé un partenariat avec l'Institut national de la recherche en agronomie (INRA) pour intégrer sur le site un espace de 1 600 m^2 dédié à un arboretum dans lequel faire pousser des végétaux adaptés à un climat méditerranéen. Les opérateurs pourraient ainsi commercialiser, en plus du flux de données, un flux calorifique, valorisant économiquement le recyclage de l'énergie dépensée [Velkova, 2016]. Si cette pratique connaît un certain succès médiatique, sa mise en place reste anecdotique [Hampikian, 2017]. À la demande des élus et des agents territoriaux, une étude est réalisée sur ces possibilités de raccordement à Saint-Denis en 2012. À La Courneuve, Interxion annonce en 2015 le raccordement d'un futur centre de 20 000 m^2. Cependant, ces études et annonces n'ont pas de suite, d'une part, parce que le raccordement aux réseaux de chaleur demande une importante et difficile coordination entre les acteurs (*a minima*, la collectivité, le gestionnaire de réseau de chaleur et l'hébergeur), buttant notamment sur la réticence des hébergeurs à partager l'information relative à leur consommation et à leur prévision de croissance avec les acteurs publics. D'autre part, parce que la réutilisation de la chaleur va à l'encontre des indicateurs de performance énergétique utilisés par les hébergeurs pour promouvoir l'efficacité de leur installation [140]. Autrement dit, les

[140] La réutilisation de la chaleur exploite l'énergie dégagée par les groupes de climatisation visant à refroidir les serveurs, et non celle des serveurs eux-mêmes. Or l'indicateur d'efficacité énergétique utilisé par les hébergeurs calcule le *ratio* entre

hébergeurs ne disposent pas d'instruments pour valoriser la réutilisation de la chaleur [sur ces deux points, voir Hampikian, 2017, p. 180-234]. Ainsi, le raccordement au réseau de chaleur fonctionne plus comme une promesse, voire comme un argument rhétorique, que comme un horizon probable de transformation des pratiques. Si elle peut générer quelques frustrations, la mise en avant d'une solution technique qui n'a que peu de chance d'être mise en œuvre permet tout au plus de faire taire les débats que suscite la consommation électrique de ces infrastructures.

En 2015, le travail sur la législation peine à porter ses fruits et les bonnes pratiques attendues des hébergeurs semblent soit cosmétiques (au regard de l'emploi), soit en contradiction avec les pratiques (au regard de l'économie d'énergie, les gestionnaires ayant recours à d'autres méthodes que celle du raccordement aux réseaux de chaleur). En cela, la régulation nous renseigne doublement sur les modalités de confinement et de mise en visibilité des centres de données. D'une part, la singularisation industrielle (en faire une activité à l'existence juridique précise) suggère que les promoteurs de cette infrastructure veulent la rendre visible, la détacher d'un ensemble confus d'autres activités du secteur tertiaire pour mieux la promouvoir. D'autre part, quand bien même les centres de données deviendraient un objet juridique identifié, les acteurs gouvernant leur implantation ne semblent pas enclins à déconfiner les prises de décision à leur sujet. Malgré les quelques mobilisations, au nom de la diversité et de la complexité des enjeux, l'implantation des centres reste présentée comme une affaire d'experts. *In fine*, prendre en compte les habitants se résume à promettre une meilleure intégration esthétique des bâtiments et à garantir la prévention contre les nuisances sonores.

Conclusion

Pour analyser les conditions politiques et sociales de l'implantation des centres de données à Plaine Commune, cet article est parti de la présentation paradoxale qu'acteurs et

l'énergie totale utilisée par l'installation (pour les équipements informatiques, les installations électriques, la climatisation) et l'énergie utilisée uniquement par les équipements informatiques. Les hébergeurs ont donc intérêt à trouver des techniques permettant de réduire l'énergie dégagée par la climatisation, et non à la partager grâce à un réseau de chaleur.

commentateurs font de ces infrastructures. Invisibles mais massifs, c'est toujours au travers d'un dévoilement que les centres de données sont mis en scène, comme l'ont montré les études urbaines [Furlong, 2010 ; Larkin, 2013 ; Graham et McFarlane éd., 2015]. La contribution de l'article à ces débats est d'éclairer cinq manières dont ces centres se dérobent à l'attention des acteurs du territoire, et comment certaines d'entre elles sont saisies par une partie de ces acteurs pour mettre en lumière les problèmes qu'ils peuvent poser. J'ai discuté la *furtivité* [Varnelis, 2002 ; Graham, 2015], caractère esthétique d'une industrie censée se fondre dans une zone urbaine et industrielle dense, mise ici en défaut par les nuisances sonores que peuvent occasionner les systèmes de climatisation. J'ai souligné le *faible intérêt* des acteurs politiques pour le développement territorial des infrastructures numériques [Duféal et Grasland, 2003 ; Anacker et Ewans-Cowley, 2005]. J'ai brièvement évoqué l'*opacité* des hébergeurs, refusant bien souvent au nom du secret commercial d'ouvrir leurs portes aux acteurs publics qui enquêtent à leur sujet, et ne partageant pas les informations permettant un calibrage efficace des réseaux de chaleur en cas de raccordement [Hampikian, 2017]. J'ai aussi montré le *confinement politique*, lié aux modalités des décisions d'implantation des installations à Plaine Commune. Enfin, j'ai documenté l'*indifférenciation réglementaire* par laquelle ils sont associés à des activités de service et confondus avec d'autres types d'installations. L'invisibilité et la visibilité des infrastructures tiennent aux manières dont celles-ci deviennent des problèmes pour les acteurs du territoire. Ces problématisations laissent à penser que les centres de données suscitent une micro-politique des troubles [Emerson et Messinger, 2012] : les dimensions politiques inattendues de ces infrastructures troublent les acteurs, ce qui reconfigure l'ordre normatif et cognitif de leur rapport à l'environnement urbain. À partir de là naissent des actions plus directement politiques, que celles-ci soient en faveur ou à l'encontre des centres de données.

Pour finir, je propose de retenir deux dimensions symptomatiques de la relation entre territoire et infrastructures numériques. D'abord, la concentration des centres de données témoigne des phénomènes d'agglomération caractéristiques de la dépendance des acteurs numériques aux réseaux de télécommunications, ainsi que des difficultés pour les acteurs

publics d'avoir prise sur leur développement [Rutherford, 2009]. Les réseaux constituent à la fois la raison de la présence des centres, l'élément qui les met en crise (la menace d'une pénurie d'électricité), et la promesse répétée de leur intégration apaisée (le raccordement au réseau de chaleur). Les propositions de régulation arrivent, d'une certaine manière, toujours trop tard. Cette mécanique de fait accompli semble caractéristique de l'histoire de l'installation des industries en zone urbaine [Jarrige et Le Roux, 2017].

Enfin, la concentration des installations donne une prise pour penser les enjeux écologiques du numérique. La consommation de l'industrie numérique et des centres de données en particulier a fait l'objet de campagnes de dénonciation [Cook et Van Horn, 2011 ; Flipo *et al.*, 2013] et plus récemment, d'études cherchant à en améliorer la compréhension à l'échelle nationale [Barbier *et al.*, 2016]. Au niveau des politiques locales, le développement de centres de données met en porte-à-faux les acteurs institutionnels qui s'investissent pour la transition énergétique. La compétition entre les territoires, l'idéologie du progrès et le discours des promesses légitiment *a posteriori* la présence des infrastructures et le refus d'adopter des mesures contraignantes. Or l'empreinte écologique du numérique est aussi une question politique pour les militants et riverains qui s'opposent à ces infrastructures. Si elles sont souvent inaudibles et parfois activement disqualifiées, retenons que ces mobilisations développent un répertoire technocritique important en interrogeant la fuite en avant technologique à l'aune du changement climatique.

Clément Marquet, Telecom ParisTech, Département sciences économiques et sociales.

Cet article a bénéficié de nombreux échanges et relectures. Je remercie Sara Angeli Aguiton, Sébastien Broca, Guillaume Carnino, Antoine Courmont, Jérôme Denis, Baptiste Kotras, les coordinateur.rice.s du numéro, ainsi que les relecteur.rice.s anonymes de la revue. Toutes et tous ont apporté, à des moments différents de cette lente élaboration, de précieux conseils.

Bibliographie

Anacker Katrin B. et Evans-Cowley Jennifer S., 2005, « Planning for telecommunications in Germany: telecom hotels », *Journal of Urban Technology*, vol. 12, n° 3, p. 39-58.

Bacqué Marie-Hélène, 1998, « Le Stade de France à Saint-Denis : grands équipements et développement urbain », *Les Annales de la recherche urbaine*, n° 79, p. 126-133.

Bakis Henri, 2013, « Les facteurs de localisation d'un nouveau type d'établissements tertiaires : les datacentres », *Netcom* [en ligne], vol. 27, nos 3-4.

Barbier Anthony, **Thoraval** Gaëtan et **Arnould** Florence, 2016, *L'efficacité énergétique dans les data centers, étude gisement du parc français*, Paris, Rapport de l'ENR'CERT.

Bertho Alain, 2008, « La Plaine-Saint-Denis dans l'entre-deux », *Revue Projet*, vol. 2, n° 303, p. 23-30.

Bonnet François, 2012, « Contrôler des populations par l'espace ? Prévention situationnelle et vidéosurveillance dans les gares et les centres commerciaux », *Politix*, vol. 97, n° 1, p. 25-46.

Bowker Geoffrey C., **Baker** Karen, **Millerand** Florence et **Ribes** David, 2010, « Toward information infrastructure studies: ways of knowing in a networked environment », *International Handbook of Internet Research*, J. Husinger, L. Klastrup et M. Allen éd., Dordrecht, Springer, p. 97-117.

Carnino Guillaume et **Marquet** Clément, 2018, « Les datacenters enfoncent le cloud : enjeux politiques et impacts environnementaux d'internet », *Zilsel*, vol. 1, n° 3, p. 19-62.

Cook Gary et **Van Horn** Jodie, 2011, *How Dirty is your Data? A Look at the Energy Choices that Power Cloud Computing*, Amsterdam, Greenpeace International.

Duféal Marina et **Grasland** Loïc, 2003, « La planification des réseaux à l'épreuve de la matérialité des TIC et de l'hétérogénéité des territoires », *Flux*, vol. 4, n° 54, p. 49-69.

Emerson Robert M. et **Messinger** Sheldon L., 2012 [1977], « Micro-politique du trouble : du trouble personnel au problème public », *L'expérience des problèmes publics*, D. Cefaï et C. Terzi trad. et éd., Paris, Éditions de l'EHESS, p. 57-80.

Evans-Cowley Jennifer S., **Malecki** Edward J. et **McIntee** Angela, 2002, « Planning responses to telecom hotels: what accounts for increased regulation of co-location facilities? », *Journal of Urban Technology,* vol. 9, n° 3, p. 1-18.

Flipo Fabrice, **Dobré** Michelle et **Michot** Marion, 2013, *La face cachée du numérique. L'impact environnemental des nouvelles technologies*, Montreuil, Éditions L'Échappée.

Furlong Kathryn, 2010, « Small technologies, big change: Rethinking infrastructure through STS and geography », *Progress in Human Geography*, vol. 5, nº 35, p. 460-482.
Gaborieau David, 2016, *Des usines à colis. Trajectoire ouvrière des entrepôts de la grande distribution*, thèse de doctorat de sociologie, université Paris-I Panthéon Sorbonne.
Gardin Jean, **Didier** Sophie et **Quentin** Aurélie, 2016, numéro thématique « Liberté, Égalité, Computer », *Justice Spatiale, Spatial Justice*, nº 10 [URL : http://www.jssj.org/issue/juillet-2016-dossier-thematique/], consulté le 1er mai 2018.
Graham Stephen éd., 2010, *Disrupted Cities: When Infrastructure Fails*, New York, Routledge.
— 2015, « Stealth architectures and the geographies of backup », *Geographies of Information*, A. Fard et T. Mesh éd., Cambridge, Harvard University Press, p. 29-36.
Graham Stephen et **McFarlane** Colin éd., 2015, *Infrastructural Lives: Urban Infrastructure in Context*, New York, Routledge.
Graham Stephen et **Thrift** Nigel, 2007, « Out of order: Understanding repair and maintenance », *Theory, Culture and Society*, vol. 24, nº 3, p. 1-25.
Hampikian Zélia, 2017, *De la distribution aux synergies ? Circulations locales d'énergie et transformations des processus de mise en réseau de la ville*, thèse de doctorat d'urbanisme, université Paris-Est Marne-La-Vallée.
Jarrige François, 2014, *Technocritiques. Du refus des machines à la contestation des technosciences*, Paris, La Découverte.
Jarrige François et **Le Roux** Thomas, 2017, *La contamination du monde. Une histoire des pollutions à l'âge industriel*, Paris, Le Seuil.
Kitchin Rob, 2014, « The real-time city? Big data and smart urbanism », *Geojournal*, vol. 79, nº 1, p. 1-14.
Larkin Brian, 2013, « The politics and poetics of infrastructure », *Annual Review of Anthropology*, nº 42, p. 327-343.
Leicher David, 2013, *Les data centers sur Plaine Commune*, Saint-Denis, rapport pour l'Agence locale de l'énergie et du climat de Plaine Commune.
Lindgaard Jade, 2015, *Je crise climatique : la planète, ma chaudière et moi*, Paris, La Découverte.
Malézieux Jacques, 2003, « Landy-France : un pôle d'activités dans la Plaine Saint-Denis. Nouvelles dynamiques de l'immobilier de bureaux en Ile de France au début des années 2000 », *Géocarrefour*, vol. 78, nº 4.
Marty Laurence, 2015, *Des tours dans la cité. Mobiliser (contre) les inégalités environnementales et climatiques en Seine-Saint-Denis*, mémoire de sociologie, EHESS-ENS.

McFarlane Colin et **Rutherford** Jonathan, 2008, « Political infrastructures: Governing and experiencing the fabric of the city », *International Journal of Urban and Regional Research*, vol. 32, nº 2, p. 363-374.
Moriset Bruno, 2003, « Les forteresses de l'économie numérique. Des immeubles intelligents aux hôtels de télécommunications », *Géocarrefour*, vol. 78, nº 4.
Musiani Francesca et **Schafer** Valérie, 2011, « Le modèle Internet en question (années 1970-2010) », *Flux*, vol. 85-86, nº 3, p. 62-71.
Parks Lisa et **Starosielski** Nicole éd., 2015, *Signal Traffic: Critical Studies of Media Infrastructures*, Chicago, University of Illinois Press.
Rustenholz Alain, 2015, *De la banlieue rouge au Grand Paris. D'Ivry à Clichy et de Saint-Ouen à Charenton*, Paris, La Fabrique.
Rutherford Jonathan, 2009, « Le déploiement des réseaux de télécommunications dans les métropoles européennes : l'emprise des territorialités multiscalaires », *Flux*, vol. 75, nº 1, p. 6-15.
Star Susan L., 1991, « Power, technologies and the phenomenology of conventions: on being allergic to onions », *A Sociology of Monsters: Essays on Power, Technology and Domination*, J. Law éd., New York, Routledge, p. 26-56.
— 1999, « The ethnography of infrastructure », *American Behavioral Scientist*, vol. 43, nº 3, p. 377-391.
Star Susan L. et **Ruhleder** Karen, 2010 [1996], « Vers une écologie de l'infrastructure », *Revue d'anthropologie des connaissances*, vol. 4, nº 1, p. 114-161.
Thépin Daniel, **Vinette** Thomas et **Paugam** Olivier, 2015, « Les *data centers* franciliens, un essor sous contrainte ? », *Note rapide de l'IAU*, nº 680.
Vanolo Alberto, 2014, « Smartmentality: the smart city as disciplinary strategy », *Urban Studies*, vol. 51, nº 4, p. 883-898.
Varnelis Kazys, 2002, « Towers of concentration, lines of growth », conférence donnée au *Center for land use interpretation*, Los Angeles, 29 août 2002.
Velkova Julia, 2016, « Data that warms: Waste heat, infrastructural convergence and the computation traffic commodity », *Big Data & Society*, vol. 3, nº 2, p. 1-10.
Vétel Bruno, 2013, « Déviance en ligne. Enquête sur les serveurs illégaux de jeux vidéo », *Terrains & travaux*, vol. 22, nº 1, p. 115-134.
Webler Thomas et **Renn** Ortwin, 1995, « A brief primer on participation: Philosophy and practice », *Fairness and Competence in Citizen Participation*, O. Renn, T. Webler et P. Wiedemann éd., Dortrecht-Boston, Kluwer Academic Publishers, p. 17-33.

Guillaume Carnino et Clément Marquet

Du mythe de l'automatisation au savoir-faire des petites mains

une histoire des datacenters par la panne

2019

Résumé

Cet article se propose de mettre au jour le processus historique de concentration des serveurs, initié dans les plus anciennes salles informatiques et aboutissant au nec plus ultra des centres de données (*datacenters*) sécurisés contemporains. Dans un univers pourtant conçu pour les supprimer, les pannes persistent de façon paradoxale en raison d'un phénomène de récursivité sécuritaire. Enfin, la permanence de l'action technique et du savoir-faire humain dans un univers industriel prétendument automatisé est frappante, à tel point que l'article rattache cette sociographie des infrastructures du numérique à une histoire globale de l'industrialisation, visant à montrer que loin des discours lénifiants sur l'innovation disruptive, les petites mains qui réparent et effectuent la maintenance quotidienne sont au cœur du déploiement des macro-systèmes techniques contemporains, offrant l'illusion d'une technique par nature fiable et disponible en permanence.

Le 9 novembre 2017, Octave Klaba, P.-D.G. de l'hébergeur OVH, tweete à 9 h 15 :

> « Nous avons un souci d'alimentation de SBG1/SBG4 [deux des quatre datacenters d'OVH à Strasbourg]. Les 2 arrivées électriques EDF sont down (!!) et les 2 chaînes de groupes électrogènes se sont mis[es] en défaut (!!!). L'ensemble de 4 arrivées élec[triques] n'alimentent plus la salle de routage. Nous sommes tous sur le

problème. En plus du souci sur SBG, nous avons le souci sur le réseau optique en Europe qui interconnecte RBX [Roubaix] et GRA [Graveline] avec les POP [*Point of Presence*, points d'interconnexion des réseaux internet régionaux]. Il est down (!!). »

Quelques heures plus tard, il commente dans un billet de synthèse :

> « Ce matin, nous avons eu 2 incidents séparés qui n'ont rien à voir l'un avec l'autre. Le 1er incident touche notre site de Strasbourg (SBG) et le 2e Roubaix (RBX). Sur SBG nous avons 3 datacentres en fonctionnement et 1 en construction. Sur RBX, nous avons 7 datacentres en fonctionnement.
>
> Conséquence directe de cette panne, plusieurs milliers de sites – petits ou gros, voire gouvernementaux – sont inaccessibles, mais également de nombreux autres services (téléphonie, Cloud, VPS, mails, serveurs de jeux, etc.) sont indisponibles plusieurs heures durant, ce qui pour certains constitue un véritable manque à gagner, notamment en période de soldes. Un client analyse l'incident quelque temps plus tard : « Le souci avec ces deux incidents est qu'en arrivant en même temps, ils ont créé le pire des scénarii. […] C'est la double peine : vos serveurs sont HS, mais vous ne pouvez même pas rediriger les requêtes vers d'autres serveurs. »

Les pannes et autres accidents constituent un point d'accès privilégié pour saisir le fonctionnement des infrastructures sur lesquelles repose l'organisation de nos sociétés occidentales [Star, 1999]. L'accès quotidien à l'eau potable, à l'électricité, au gaz et maintenant au réseau internet nous fait prendre pour acquis que ces ressources sont disponibles, invisibilisant en retour la complexité des systèmes techniques sur lesquels reposent les orientations politiques qui les gouvernent et les formes de travail nécessaires à leur pérennité. La panne joue ainsi un rôle heuristique devenu classique dans les *Science and Technology Studies* : elle rend visibles des pans entiers de l'organisation sociotechnique.

Il est remarquable que, parmi ces systèmes techniques, les technologies de l'information et de la communication aient pris une place considérable au cours des vingt dernières années, notamment avec le développement d'internet. Parmi les composantes de ce gigantesque système technique, les datacenters, bâtiments qui regroupent les systèmes informatiques des organisations et permettent l'accès aux données à distance, jouent un rôle

considérable : les pannes qui les affectent peuvent maintenir au sol les avions d'une flotte pendant plusieurs heures [141], interdire toute transaction bancaire [142] ou paralyser le système judiciaire d'un pays entier [143]. Ce ne sont donc pas uniquement les opérations que nous effectuons sur le web ou par l'intermédiaire de nos applications smartphones qui sont affectées, mais la plupart des actions quotidiennes qui reposent sur la bonne gestion des bâtiments abritant les systèmes informatiques, ainsi que sur l'intégrité des réseaux qui les relient à nos appareils [Starosielski, 2015].

Longtemps passés inaperçus dans les études sur l'internet et le développement de nos sociétés numériques qui se sont essentiellement concentrées sur la part virtuelle de ces technologies (forums, sites en lignes, e-commerce, bases de données, progiciels de gestion intégrée, etc.), les centres de données font depuis quelques années l'objet d'analyses, profitant notamment d'un tournant matériel des études sur les *médias* [Blanchette, 2011, p. 1042-1057 ; Mattern, 2013 ; Parks, Starosielski (dir.), 2015]. Ces études ont mis en évidence l'abondance des ressources énergétiques en jeu dans l'organisation de l'internet [Hogan, 2015 ; Velkova, 2016 ; Carnino, Marquet, 2018] et le poids des datacenters dans l'organisation des territoires [Vonderau, 2018 ; Marquet, 2018 ; Diguet, Lopez, 2019]. La raison d'être de ces assemblages – la sécurité des données – est régulièrement mentionnée : elle nécessite une protection physique de l'accès à l'information, avec la présence de vigiles, de systèmes de reconnaissance et d'autorisation d'entrée, mais aussi une garantie de disponibilité des données par l'intermédiaire du réseau internet la plus continue possible, 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, toute l'année.

Si ces travaux donnent à voir les mondes dans lesquels les datacenters s'implantent et les manières dont ils les reconfigurent autour de leurs besoins, il reste très difficile de comprendre ce qui se passe en leur sein. Des photographies mettent en scène de

[141] « US airlines temporarily ground flights after AeroData glitch », lien [1er avril 2019].
[142] « Widespread Wells Fargo issues blamed on datacenter outage, cause disputed », lien [7 février 2019].
[143] « UK justice system brought to a standstill by datacenter network issue », lien [25 janvier 2019].

mystérieux espaces dépourvus d'humains, illuminés par d'étranges lumières bleutées et traversés de câbles colorés [Taylor, 2018], mais ces clichés sont surtout des expériences artistiques réalisées à des fins de communication, et non la matière de travaux ethnographiques [Holt, Vondereau, 2015]. En raison du caractère critique de l'information qui y est stockée et des engagements de continuité, les datacenters sont des installations très difficiles d'accès et leurs propriétaires s'avèrent bien souvent peu enclins à répondre aux demandes d'entretiens. Néanmoins, comme l'indique l'extrait en ouverture, les pannes constituent des moments de visibilité singuliers des infrastructures, qui non seulement leur octroient une grande couverture médiatique, mais donnent aussi un aperçu du fonctionnement de ces installations et de la multitude de circuits techniques et d'expertises qui y interviennent. Cette visibilité tient en partie aux engagements que les opérateurs ont vis-à-vis de leurs clients : la panne constitue une rupture de leurs contrats de continuité de service, rupture qui occasionne des dommages et intérêts mais aussi et surtout des justifications et démonstrations de la capacité de l'opérateur à identifier l'origine du sinistre en vue d'y remédier.

Nous présenterons ici en trois temps, respectivement à partir de trois principaux ensembles de sources primaires, la façon dont la panne met en évidence le fonctionnement technique d'internet. À partir d'entretiens avec des acteurs du domaine et d'une ethnographie des salons professionnels [144], nous tenterons de mettre au jour le processus historique de concentration des serveurs, initié dans les plus anciennes salles informatiques et aboutissant au *nec plus ultra* des datacenters sécurisés contemporains, classés en fonction de leur garantie contre les pannes. C'est ensuite grâce aux sources écrites que constituent les *workflows* (bien souvent disponibles en ligne) que nous exposerons la permanence paradoxale des pannes dans un univers pourtant

[144] Nous avons ethnographié les éditions 2016, 2017 et 2018 du salon Datacenter World, et l'édition 2016 du salon Datacenter Solution Management. Ces salons permettent d'observer les sujets qui préoccupent les acteurs d'une année sur l'autre, mais aussi d'avoir de nombreux échanges informels dans les stands des entreprises participantes au cours desquels nous pouvons évaluer la pertinence de nos orientations de recherche. Par ailleurs, nous avons réalisé des entretiens approfondis avec un consultant et un architecte spécialisé dans la conception de datacenters, et la responsable de formation de l'IUT Villetaneuse.

conçu pour les supprimer [145]. Enfin, nos entretiens ethnographiques *in situ*, au sein des datacenters que nous avons eu l'occasion de visiter [146], nous permettront de mettre au jour la permanence de l'action technique et du savoir-faire humain dans un univers industriel prétendument automatisé. Nous espérons ainsi rattacher cette sociographie des infrastructures du numérique à l'histoire globale de l'industrialisation en montrant que loin des discours lénifiants sur l'innovation disruptive, les petites mains qui réparent et effectuent la maintenance quotidienne sont au fondement et au centre du déploiement des macro-systèmes techniques contemporains, offrant l'illusion d'une technique par nature fiable et disponible en permanence.

Rationaliser les infrastructures pour lutter contre les pannes

Les datacenters sont avant tout des bâtiments, carapaces physiques de l'accumulation des données informatiques. Répartis aux quatre coins de la planète, sur des sites plus ou moins exotiques, tels que des fjords finlandais, des barges dans la baie de San Francisco, des grottes dans le Loiret ou d'anciennes bases de lancement de missiles, c'est avant tout dans les banlieues des grandes métropoles et en zones urbaines qu'ils se multiplient [147]. Le point commun entre ces différents lieux nous semble tenir à l'effort industriel de rationalisation des espaces de stockage des données

[145] Nous nous sommes essentiellement appuyés sur OVH Tasks, site web accessible au public sur l'état des serveurs et les opérations de maintenance planifiées [http://travaux.ovh.com].

[146] Les opérateurs de datacenters sont rarement enclins à faire visiter leurs installations par des individus avec lesquels ils n'ont pas relation commerciale. Néanmoins, au cours de notre enquête, nous sommes parvenus à visiter les centres de données de trois acteurs privés, soit par quiproquo (les agents commerciaux de l'opérateur pensaient que nous venions louer de l'espace informatique) soit au travers de visites pédagogiques organisées pour les étudiants de l'UTC. Ces visites ont été complétées par trois visites de datacenters universitaires, dont l'un d'entre eux, de dernière génération, était très similaire aux installations des acteurs privés.

[147] Concentrant les données et les systèmes informatiques qui les stockent, les traitent et les font circuler, les opérateurs sont de grands consommateurs d'électricité et déploient des stratégies variées (architecturales, technologiques mais aussi géographiques) pour limiter leur consommation électrique. Pour une étude sur leur conséquence pour les systèmes énergétiques des territoires, voir Diguet, Lopez, 2019. Pour une étude globale sur l'impact environnemental des technologies numériques, voir Ferreboeuf, 2018.

informatiques en vue d'obvier à la survenue de pannes. Un commercial nous explique avec fierté : « On est un peu la cave de l'Internet, et si la cave s'effondre, tout s'effondre. » [148]

Dès les débuts de l'informatique, la taille des ordinateurs impose de gérer des contraintes industrielles en termes de bâti qui s'apparentent fortement à celles que connaissent les datacenters aujourd'hui. Sur le système IAS testé en 1951 afin d'effectuer un calcul (de 60 jours !) indispensable à la réalisation de la première bombe thermonucléaire, l'humidité estivale de Princeton eut pour conséquence de faire geler les unités de climatisation – un incident tout à fait comparable à l'averse dans le datacenter de Facebook à Prineville en août 2011, quand le différentiel de température couplé à la forte hygrométrie circonstancielle aboutit à la formation d'une véritable bruine à l'intérieur des bâtiments [149]. Ainsi, toutes les premières machines informatiques (considérées, principalement pour des raisons militaires, comme des infrastructures critiques) posent invariablement la question de la sécurisation de leur environnement direct afin d'éviter les pannes, ce qui amène presque toujours à la construction d'un bâtiment spécifique, doté de critères de sécurité propres : l'ENIAC américain de 1946 [Redmond, Smith, 1980], tout comme le MINSK et le BESM soviétiques de 1959 [Balodis, Opmane, 2012], les AN/FSQ-7 utilisés après 1958 pour le projet de défense antiaérienne étasunienne SAGE [Winkler, Webster, 1997], les IBM 705 de la BNP en 1957 [Mounier-Kuhn, 2013] ou le système de réservation de billets d'avion SABRE en 1960 [150], sont établis sur des étages, voire des immeubles entiers.

Au cours des années 1950, des chercheurs du Stanford Research Institute créent un système informatique à destination des banques (Electronic Recording Method of Accounting computer processing system, ou ERMA), révélé au public en 1955, testé sur des comptes bancaires réels en 1956 et mis en service pour la Bank of America en 1959 [Balodis, Opmane, 2012, p. 194]. Dans les années 1960, la majorité des banques internationales s'équipent d'ordinateurs massifs assistant la gestion des comptes. En Angleterre, Barclays ouvre son premier centre informatique bancaire en 1961, où l'on

[148] Entretien du 12 novembre 2014.
[149] Everest Pipkin, « It was raining in the datacenter », 12 juin 2018 [lien].
[150] « (Short) Data center history » [lien].

installe un imposant IBM 1401 [*ibidem*]. Ces machines de calcul occupent au fil des années des espaces de plus en plus importants et sont regroupées dans d'immenses Centres de traitement de l'information (CTI). Cependant, les grèves du personnel des années 1970 soulignent la fragilité de ces espaces critiques pour le fonctionnement des banques [Mounier-Kuhn, 2013, p. 106], qui vont alors opérer un double mouvement de dispersion des sites de traitement de l'information et de mise en circulation de copies des bandes informatiques d'un site à l'autre. Certains sites, tels le CTI de Dinand, sont soumis à des mesures de sécurité qui constituent les prémices des datacenters actuels : « alimenté par trois groupes électrogènes en cas de coupure EDF, avec les cuves à mazout et le refroidissement nécessaire par l'eau puisée dans la nappe phréatique, il peut fonctionner en autonomie complète pendant plusieurs semaines » [*Ibid*., p. 107]. Au fil des années, les espaces sont de plus en plus standardisés : « on a entrepris de dissocier les opérateurs et les techniciens » [*Ibid*., p. 106].

Alors que se développent ces gigantesques *mainframes*, on voit apparaître les premiers réseaux locaux (LAN, local area network, dont le premier – ARCnet – est établi à la Chase Manhattan Bank en 1977 pour interconnecter 255 machines). Le PC (Personal Computer) est introduit en 1981 et marque le début de la micro-informatique, mais c'est seulement après le développement du protocole NFS (Network File System) par Sun microsystems en 1984 qu'un ordinateur client est en mesure d'accéder à un fichier sauvegardé sur un serveur distant : dès le début des années 1990, on voit les anciennes salles des *mainframes* colonisées par ces plus petits « serveurs » et parfois renommées *datacenters* [151]. L'arrivée du web dans les années 1990 pousse à articuler ces réseaux intranet avec l'internet naissant, ce qui aboutit à la multiplication des salles machines, indispensables à l'hébergement de données et de sites sans cesse plus nombreux. À mesure que se développe l'économie numérique, les entreprises se doivent de maintenir leur infrastructure informatique opérationnelle jour et nuit, chaque jour de l'année. Si certains espaces abritant des *mainframes* ou des réseaux de télécommunications ont conservé des systèmes d'alimentation ou

[151] « The evolution of the datacenter: Timeline from the Mainframe to the Cloud » [lien].

de climatisation robustes [152], les salles informatiques des années 1990 étaient bien souvent bricolées avec les moyens du bord. Deux informaticiens travaillant aujourd'hui dans un datacenter dernière génération nous avouent avoir un souvenir ému de ces années de bricolage, où les pannes étaient gérées au coup par coup [153] : on passait l'aspirateur pour enlever les poussières accumulées sur les ventilateurs des serveurs, les fenêtres étaient ouvertes manuellement en hiver afin de refroidir les salles qui surchauffaient, etc.

Ces mouvements de rationalisation des infrastructures ne rendent cependant pas compte du mouvement de concentration des sites autour des villes. Bien souvent, les datacenters privatifs – qu'ils appartiennent aux sociétés de la grande distribution, aux banques ou aux grands noms de l'internet – se situent dans les campagnes, profitant d'hectares de terrains peu chers. Dans les années 1990, avec le développement de l'internet, sont apparus de nouveaux acteurs dans l'immobilier urbain. Internet est un réseau de réseaux dont le fonctionnement repose entre autres sur les espaces dans lesquels les réseaux s'interconnectent. Par souci d'économie, plutôt que de développer des compétences internes en informatique et gestion des données, de nombreuses entreprises ont recours à des hébergeurs assurant la maintenance des serveurs et la qualité de la connexion aux réseaux. Ces hébergeurs tendent à se situer dans les mêmes locaux que les opérateurs de télécommunication, de sorte à garantir à leur client une circulation de données au plus haut débit possible. Avec la multiplication des serveurs dans les années 1990, ces espaces souvent situés en ville prennent le nom d'« hôtel télécom ». Pour éviter la dépendance trop forte à un opérateur en particulier, des acteurs tiers développent un marché appelé « colocation neutre » garantissant aux clients l'égal accès à l'ensemble des réseaux [154]. Les enjeux d'accès au réseau et de rapidité dans l'échange de données participent à la concentration des infrastructures dans les zones urbaines, les différents acteurs s'installant souvent à proximité les uns des autres. Par ailleurs, comme les plus gros opérateurs ont besoin de gigantesques puissances de calcul, ils s'avèrent progressivement en mesure de louer celle-ci. On voit alors se

[152] Mastertel & Cineminers, *The Internet Architecture. Data Center* [lien, 8 avril 2019].
[153] Entretien du 17 février 2017.
[154] Pour un récit plus détaillé, voir Moriset, 2003.

développer ce que les professionnels nomment l'IaaS (Infrastructure as a Service), qui correspond peu ou prou à l'émergence dans le grand public de l'idée de *cloud*, l'informatique délocalisée « dans les nuages » (mais en réalité tout à fait matérielle et consommatrice d'énergie). Comme un commercial nous l'expose à plusieurs reprises : « le *cloud*, c'est juste le datacenter de quelqu'un d'autre ».

Selon un consultant senior [155], le datacenter se situe à la croisée de ces deux histoires, celle des espaces de stockage d'information au fonctionnement peu à peu ultra-rationalisé, et celle de la mise en réseau de machines nécessitant d'avoir à disposition une multiplicité d'accès télécom. Aux exigences de sécurité s'ajoutent les attentes en termes de gain économique grâce à la concentration des infrastructures. Le marché des datacenters se divise ainsi selon plusieurs modalités, des services de *cloud computing* à l'hébergement du système d'information d'entreprises clientes.

Dès le début des années 2000, il y a donc un marché pour la colocation neutre, qui propose des services sécurisés, principalement les infrastructures assurant le bon fonctionnement des baies de serveurs – alimentation électrique, climatisation, dispositifs anti-incendie, sécurité physique des bâtiments. Autrement dit, *ce que vend un datacenter, c'est une assurance contre les pannes*. D'autres garanties de sécurité peuvent être contractualisées : certains sites proposent des clauses de type *disaster recovery* ou *business continuity*, classiquement à destination de la finance ou des forces armées. Le datacenter offre alors des espaces permettant de recréer en quelques dizaines de minutes, grâce aux données sauvegardées et aux postes pré-installés, l'entièreté d'un environnement de travail préétabli (la salle de gestion boursière d'une grande banque parisienne, par exemple). Ainsi, en cas de sinistre, une équipe du client peut migrer directement vers l'espace sécurisé du centre afin de ne pas mettre en péril la continuité de son activité. Un commercial nous avoue néanmoins, l'œil complice, qu'il ne faudrait pas que tous ses clients revendiquent au même moment l'accès à une solution de *business continuity*, car il ne pourrait alors pas tous les satisfaire [156].

[155] Entretien du 29 avril 2016.
[156] Entretien du 12 novembre 2014.

L'ensemble de ces contraintes et préoccupations se voit normalisé et explicité par un classement en différents *tiers* (« couches », en anglais) : le Tier I renvoie à une simple salle des machines avec climatiseur (ou sans !), là où le Tier IV correspond au *nec plus ultra* en matière de sécurité et de redondance des installations. Un datacenter Tier III est censé offrir contractuellement une continuité de service annuelle de 99,984 %. Dans cette configuration, on doit pouvoir gérer des périodes de maintenance sans impact sur la disponibilité des serveurs, bien qu'il soit théoriquement possible qu'adviennent des coupures en cas d'incidents importants (pas de redondance garantie sur la totalité de la chaîne). Le Tier IV est le plus haut niveau de garantie qu'un datacenter puisse offrir avec une disponibilité de 99,995 % (soit environ vingt-six minutes de panne dans l'année : ce qui serait, aux yeux d'un commercial, « inadmissible pour [se]s clients » [157]), et une redondance intégrale au niveau des circuits électriques, de refroidissement et du réseau. Cette architecture doit permettre de pallier les pires scénarios d'incidents techniques sans jamais interrompre la disponibilité des serveurs en place. Dans la pratique, le Tier IV implique des contraintes si coûteuses qu'elles ne sont nécessaires qu'en cas de besoins spécifiques, essentiellement dans le monde de la finance et des établissements bancaires.

Officiellement, l'organisme international en charge de la certification Tier est l'Institut Uptime [158], un consortium d'entreprises créé en 1993 dont l'objectif revendiqué est de maximiser l'efficacité des datacenters. Cette certification s'effectue en trois étapes, relatives à l'étude des documents du projet de construction, à l'inspection des infrastructures finalisées, puis à l'audit des processus de fonctionnement en situation réelle. Dans les faits, si la nomenclature « Tier » est utilisée par l'ensemble de la profession, rares sont les centres à pousser jusqu'à son terme la certification : si 86 datacenters sont certifiés Tier II ou plus aux États-Unis et 42 en Arabie saoudite, seuls 19 d'entre eux le sont en Chine et seulement 3 en France (soit moins de 1 % du parc [159]). Certains marchés nationaux ne prennent en effet pas la peine de faire classer officiellement leurs installations par l'Uptime Institute.

[157] Entretien du 26 mai 2016.
[158] L'Uptime Institute est parfois surnommé « The Global datacenter Authority » [https://uptimeinstitute.com].
[159] Chiffres valables au 6 mai 2017.

Dans le cas hexagonal, le marché mobilise ainsi la dénomination en *tiers* tout en s'appuyant sur un autre ensemble normatif, le système des normes ISO.

On peut supposer que la *tierification* fournit un raccourci qui simplifie et synthétise la complexité et la diversité des normes auxquelles les opérateurs cherchent à se conformer. Se présenter Tier III ou Tier IV, c'est donner au client une indication de ce qu'il peut être en droit d'attendre, avant d'aller observer plus précisément les certifications que l'opérateur a effectivement obtenues. De nombreux commerciaux insistent d'ailleurs sur le fait qu'ils sont « de Tier III+, presque IV »[160] et que la certification serait une perte de temps et d'investissement. À l'inverse, un commercial nantais s'énerve dès que nous lui posons la question de la tierification de son datacenter : « C'est de la flûte tout ça ! Ce qui compte c'est le sérieux des équipes. On n'a jamais eu de gros plantage. »[161]

Au-delà de l'effet d'annonce commercial, et donc d'une réalité probablement parfois enjolivée, il est probable qu'à la manière des corporations artisanales d'Ancien Régime [Kaplan, Minard, 2004], l'intrication des acteurs et intérêts au sein du marché participe à la production d'une réputation quant à la qualité des produits et services vendus, réputation dont le poids suffit à écarter la majorité des fraudes.

Automatiser pour lutter contre la panne, ou la récursivité sécuritaire

Une panne est un arrêt accidentel et subit du fonctionnement d'un appareil ou d'une installation. Maîtriser la panne implique de pouvoir l'anticiper afin de pallier de la façon la plus fluide qui soit les dysfonctionnements qu'elle entraîne : la stratégie mise en œuvre est bien souvent celle du couplage en temps réel entre capteurs et redondance matérielle, l'ensemble étant géré par des automates, censés garantir l'opérateur contre la faillibilité humaine. Mais le recours à l'automatisation permet-il réellement de se prémunir contre les pannes ?

[160] Ce que l'Uptime Institute n'hésite pas à dénoncer comme étant dépourvu de sens *via* sa page Wikipedia.
[161] Entretien du 29 mars 2018.

Le mythe d'une machinerie autorégulée, totalement efficiente et dont les pannes ne relèveraient jamais de sa nature propre bat son plein [162]. « 67 % des *outages* [pannes] sont dus à des fautes humaines, donc si on peut enlever cette couche-là… » [163], suggère un communicant en fin de conférence au forum Datacenter World : l'automatisation totale serait la panacée face aux problèmes posés par les humains gérant les infrastructures technologiques actuelles. Un directeur ironise lourdement sur le PFH, acronyme « sociologique » (sic), renvoyant au « putain de facteur humain », source de tous les maux. Le moins d'opérations de maintenance il y a à faire, le moins de risque il y aurait : tout doit donc être réduit au minimum, cloisonné, découplé. À cette réduction drastique du matériel et des opérations répond le doublement de tout : chaque salle doit être autonome, c'est-à-dire que chaque salle doit posséder ses propres batteries, générateurs électriques, systèmes de climatisation, tableaux électriques, etc. L'optimisation est faite en vue de l'autonomie maximale de chaque client, au sens où ses erreurs ne risquent pas d'affecter le matériel des autres.

La mythologie de l'efficacité et de la sécurité totales engendrées par la procéduralisation et l'automatisation existe depuis deux siècles au moins [164], et elle se porte étonnamment bien [165] alors même qu'elle entre en contradiction avec les faits. L'institut Ponemon donne en effet des chiffres tout à fait différents dans son étude consacrée aux *unplanned outages* (arrêts critiques imprévus) des datacenters (Fig. 1), puisque seulement 22 % à 24 % des pannes auraient une origine humaine [166].

---

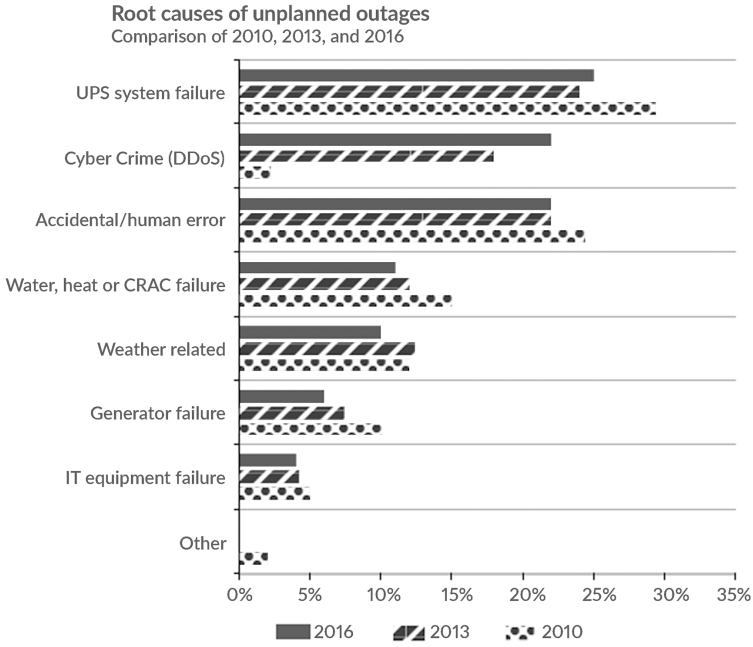
[162] Sur l'utopie d'une technique par nature étrangère aux dysfonctionnements, voir notamment Fressoz, 2012, chap. VI : « La Mécanique de la faute ».

[163] Forum Datacenter world, 15 novembre 2017. Un autre intervenant martelait le chiffre plus marquant encore de 90 % : de là à imaginer qu'il s'agit surtout d'un discours performatif, bien peu fondé sur des chiffres réels et mobilisant des ordres de grandeur visant à convaincre (deux tiers, neuf dixièmes, etc.), il n'y a qu'un pas.

[164] Pour un florilège de cette mythologie, voir notamment l'anthologie réalisée par Jarrige, 2010.

[165] Pour une version enchantée, voir par exemple le rapport du McKinsey Global Institute, 2013, p. 42-43. Pour une approche plus critique, mais relevant de la même posture de sidération devant les discours technologiques, voir Stiegler, 2015 ou Frey, Osborne, 2013 [lien, 22 mai 2017].

[166] Ponemon Institute, *Cost of Data Center Outages*, janvier 2016, p. 16.



https://journals.openedition.org/artefact/docannexe/image/4731/img-1.png

Fig. 1. - Cause des arrêts critiques imprévus des datacenters

En réponse à un arrêt critique survenu dans un datacenter parisien en juin 2017, un superviseur explique :

> « Nos datacenters sont équipés de diverses sondes. L'une d'entre elles est capable de détecter la présence de liquide dans une baie. Les alertes levées par ces sondes sont transmises aux techniciens présents dans le datacenter via différents canaux de communication. L'un d'eux est un outil baptisé MARCEL (l'acronyme de Monitoring Audio des Réseaux, Composants, Équipements et Locaux), qui permet de diffuser un message audio dans nos datacenters grâce à une voix de synthèse et à des haut-parleurs disposés dans chaque salle. C'est un moyen très efficace de prévenir nos techniciens d'un événement anormal présentant un caractère d'urgence, quand bien même ceux-ci sont déjà occupés sur une intervention telle qu'un remplacement de disque. Ils n'ont ainsi pas besoin de retourner en salle de contrôle pour s'apercevoir qu'un incident est en cours dans un autre endroit du datacenter. Un précieux gain de temps.

> Dans le cadre de l'implantation à l'international de nouveaux datacenters, ce système de monitoring audio était en cours de mise à jour, afin que la voix de synthèse puisse diffuser les messages d'alerte dans plusieurs langues. En raison d'une malfaçon dans cet upgrade, réalisé le même jour, l'alerte audio n'a pas fonctionné correctement, retardant sa prise en charge. Au lieu d'intervenir immédiatement, comme c'est le cas habituellement, le premier technicien est arrivé dans la salle 3 onze minutes après la détection de la fuite. Ce retard a très certainement accentué l'impact de l'incident. »

On constate alors que le recours aux automates ne prémunit aucunement contre les pannes : la mise à jour d'un dispositif de prévention automatisé (le fameux MARCEL) a accru un problème à l'origine potentiellement bénin.

Courant novembre 2017, les infrastructures d'OVH à Strasbourg et Roubaix sont victimes d'incidents critiques engendrés par les automates en charge des protocoles de redondance :

> « Ce matin, le système de bascule motorisée [d'un datacenter de Strasbourg] n'a pas fonctionné. L'ordre de démarrage des groupes n'a pas été donné par l'automate. Il s'agit d'un automate NSM (Normal Secours Motorisé), fournit par l'équipementier des cellules haute tension 20 kV. Nous sommes en contact avec lui, afin de comprendre l'origine de ce dysfonctionnement. […] La base de données avec la configuration est enregistrée 3 fois et copiée sur 2 cartes de supervision. Malgré toutes ces sécurités, la base a disparu. Nous allons travailler avec l'équipementier pour trouver l'origine du problème et les aider à fixer le bug. […] Les bugs ça peut exister, les incidents qui impactent nos clients non. Il y a forcément une erreur chez OVH puisque malgré tous les investissements dans le réseau, dans les fibres, dans les technologies, nous venons d'avoir 2 heures [153 minutes] de downtime sur l'ensemble de nos infrastructures à Roubaix. » [167]

Se profile alors un véritable vertige épistémologique, puisque toute source de sécurisation est aussi potentiellement une source de panne ; d'où un cercle vicieux fonctionnel, véritable *récursivité sécuritaire*, où à chaque automate peut être adjoint un automate de contrôle, qui à son tour peut se trouver à l'origine d'un dysfonctionnement, et qu'il faut donc sécuriser et contrôler, *ad nauseam*. Il semble donc impossible d'éradiquer le spectre de la panne sans en recourir à nouveau à l'humain.

[167] Lien [14 novembre 2017].

Ainsi, le progiciel de gestion intégré d'OVH [168] – dont le fil des tâches relatives aux datacenters est consultable en libre accès – mentionne, pour la période 2005-2018, 628 incidents, dont très peu concernent réellement un arrêt critique et d'ampleur de nombreux serveurs, précisément grâce au monitoring humain des machines, d'où la récurrence systématique de la mention « Nous avons des difficultés à joindre les serveurs de la baie. Nous investiguons. » – invariablement suivie de « Intervention terminée. Tous les serveurs sont à nouveau en ligne. »

Les incidents sont ainsi traités directement par des humains censés prendre la bonne décision quant à leur résolution. Les superviseurs indiquent par exemple que « Nous avons détecté un défaut sur la partie de distribution électrique de la baie, nous procédons au remplacement de celle-ci. Aucun impact prévu. » (24 octobre 2018, 19 h 36) Quand la panne est trop complexe pour être gérée par les techniciens sur site (habituellement en rotation sur le mode des 3 x 8), les constructeurs sont mis à contribution (les contrats de maintenance délimitant le cadre de ce genre d'intervention), comme pour cette panne d'onduleur (23 octobre 2018, 23 h 39) : « Nous avons détecté un dysfonctionnement sur l'UPS6B, nous investiguons. […] Le fournisseur a été contacté, un technicien spécialiste est sur place. »

Par ailleurs, au sein de cet univers ultra-connecté où les chaînes d'alimentation peuvent se trouver impactées en cascade, certains incidents mineurs deviennent parfois sources de pannes majeures, comme en témoigne cette longue description d'une série de dysfonctionnements et des mesures prises à son encontre ayant abouti à une interruption de service dans le datacenter parisien d'OVH :

> « À 18 h 48, le jeudi 29 juin 2017, dans la salle 3 du datacenter P19, en raison d'une fissure sur un tuyau en plastique souple de notre système de *watercooling*, une fuite de liquide de refroidissement entraîne la présence de fluide dans l'une des deux baies de stockage propriétaires, lesquelles n'étaient pas refroidies par ce procédé mais se trouvaient à proximité immédiate. Cela a eu pour conséquence

[168] Voir lien [consulté le 19 décembre 2018]. Si le fil n'est pas nécessairement complet, notamment sur les débuts de son implémentation en 2005, la proportion d'incidents varie néanmoins très peu sur le long cours.

directe la détection d'un défaut électrique entraînant l'arrêt complet de la baie. […]

À 21 h 25, l'ensemble des personnels d'astreinte sont mobilisés, et les équipes techniques sont restées pour leur prêter main-forte. Il est décidé de mener deux actions en parallèle :

– plan A : poursuivre les tentatives de récupération des données sur la baie de stockage avec l'aide du constructeur ;

– plan B : lancer la procédure de restauration des données depuis les sauvegardes réalisées quotidiennement. […]

La procédure d'urgence, servant à exécuter cette série d'opérations existait et avait été testée. Mais pas industrialisée. Autrement dit, restaurer une table à partir du backup est trivial. Restaurer un très grand volume de tables, initialement réparties sur 99 VM [machines virtuelles], nécessitait davantage d'automatisation, sans quoi la restauration aurait nécessité plusieurs journées.

L'équipe en charge des *backups* a scripté, durant la nuit, la procédure, afin de pouvoir l'industrialiser. À 3 h du matin, le clonage des VM à partir d'un *template* source était lancé et les données étaient en cours de restauration. […]

À 23 h 40, la restauration de la 99e instance prend fin, et l'ensemble des utilisateurs retrouvent un site fonctionnel, à l'exception de quelques utilisateurs, dont la base était hébergée sur des instances sous MySQL 5.1 et a été restaurée sous MySQL 5.5. Un effet de bord rapidement résolu.

Un geste commercial sera accordé aux clients pour l'indisponibilité de leur service durant près d'une journée. Il nous est apparu légitime de dédommager nos clients, au-delà de la clause limitative de responsabilité présente dans nos conditions générales de service. Le geste commercial consistera à prolonger gracieusement l'offre d'hébergement web des utilisateurs concernés de deux mois. »

Comme on peut le constater, tout problème est susceptible d'engendrer un problème à son tour, dont l'aboutissement peut être l'arrêt des machines (ici une fuite de liquide de refroidissement aboutissant à un défaut d'alimentation électrique). La complexité des dispositifs autorise alors plusieurs chemins critiques visant à la résolution des pannes (ici le plan A – réparer la machine – et le plan B – réinstancier les sauvegardes sur d'autres machines), et les spécialistes sont alors indispensables pour qualifier la faisabilité et quantifier la durée de telle ou telle solution envisagée – d'où les multiples recours aux constructeurs des divers

matériels, puisqu'il n'existe aucun individu, aussi compétent soit-il, en mesure de maîtriser l'ensemble des composants de toute la chaîne de fonctionnement des infrastructures.

On comprend alors l'intérêt de dispositifs automatisés permettant de détecter tout problème et d'établir un autre chemin fonctionnel autorisant à poursuivre les processus critiques. Mais le souci est que ces chemins alternatifs, aussi efficients soient-ils, impliquent toujours une maintenance humaine, qui peut être source d'erreur et de dysfonctionnements. Si un technicien chez Céleste, fournisseur français de solutions *cloud* à destination des entreprises, nous explique lors d'un entretien que « les maintenances préventives limitent les pannes »[169], le principal datacenter de l'entreprise a paradoxalement subi un arrêt critique le 12 décembre 2013 suite à une maintenance antérieure du groupe électrogène : le technicien envoyé par le constructeur avait oublié de rouvrir, après ses tests, le robinet d'alimentation provenant de la cuve principale des groupes électrogènes, qui ont donc cessé de fonctionner après que leur réservoir courant (environ 300 l, soit quelques minutes d'autonomie) fut vidé lors d'une coupure EDF.

Une armée d'invisibles petites mains

La réalité du terrain met en évidence l'action humaine indispensable au bon fonctionnement des dispositifs : « Ça s'entend au son » (ce qui permet de savoir quand il y a besoin d'intervenir), nous signifie un opérateur observant lors d'une visite un *cluster* de serveurs qui entre en phase de calcul intensif[170]. Même au plus haut niveau de la *high-tech*, là où les processus électroniques sont censés échapper aux perceptions humaines, les travailleurs développent une habileté, un savoir-faire, typique des métiers techniques [Sennett, 2009], qui les rend aptes à comprendre les variations les plus minimes et les causes possibles des dysfonctionnements auxquels ils sont confrontés[171]. Un superviseur nous expose la sécurité drastique qui entoure l'armoire à clefs : en plus du badge, il faut des clefs, mais pour obtenir les clefs, il faut un badge, et un code, qui permettent d'ouvrir et de

[169] Entretien du 9 novembre 2018.
[170] Entretien du 17 février 2017.
[171] Pour un autre exemple de savoir-faire incorporé relatif à la réparation informatique, voir Callén, 2016.

savoir qui a ouvert – les données sont conservées trente jours – pour enfin libérer magnétiquement les trousseaux que la personne est habilitée à utiliser ; « si on essaie de prendre une clef à laquelle on n'a pas droit, un message d'alerte est envoyé » [172]. Dans l'instant qui suit cette déclaration d'inviolabilité du système, le voici qui s'empare sans autorisation d'une clef dont il a besoin pour la poursuite de la visite, et sourit en disant qu'une alerte a probablement été émise, mais qu'il n'a ni son portable ni son ordinateur sur lui… Dans une veine similaire, un directeur de centre nous confie au détour d'un couloir : « Si j'applique les consignes du Ministère, plus personne ne bosse » [173]. Dans les faits, c'est l'écart entre la règle et la réalisation effective de la tâche qui rend possible la maintenance de ces infrastructures : là où le discours commercial vante une fiabilité et une sécurité totale passant par des dispositifs indépendants de toute action humaine, la réalité de l'activité semble plus nuancée, comme le confirme un client et commentateur acerbe de ces dispositifs :

> « On pourrait naïvement croire que ces choses-là sont automatisées et qu'à la moindre étincelle ou petite volute de fumée, PAF, les bouteilles se vident. Eh bien non. D'une part, dans beaucoup de datacenters, il faut que deux détecteurs se déclenchent avant qu'un humain soit averti qu'il y a peut-être le feu, mais en plus, le déclenchement du système d'extinction est manuel. Quand on voit que dans certains bâtiments, les personnes sur place mettent parfois 20 minutes à se rendre compte que les salles d'hébergement n'ont plus d'alimentation électrique, ça fait peur. » [174]

Non seulement les automates ne sont pas exempts de dysfonctionnements, mais en plus leur impénétrabilité structurelle (puisque fonctionnant à la vitesse de l'électron, et donc imperméables aux perceptions humaines) rend tout problème difficile à diagnostiquer. Lors de nos entretiens, deux techniciens insistent d'ailleurs à plusieurs reprises sur la faible fiabilité de l'électronique et donc de l'automatisation :

> « Saloperie d'électronique. […] Sur le papier ça marche. […] Dans la vraie vie, ça a ses limites. » ; « Des alimentations bourrées d'électronique, ce sont des sources à emmerdement. » ; « Des PDU intelligents [multiprises électriques informatisées], on veut pas en

[172] Entretien du 5 novembre 2015.
[173] Entretien du 17 février 2017.
[174] Lien [22 avril 2019].

> entendre parler. » ; « Moi, j'suis mécanicien, j'ai pas confiance dans l'électronique. […] Les composants électroniques, c'est sensible à la température, à l'humidité, c'est pas fiable. » [175]

Ces techniciens revendiquent ainsi, dans leurs propres termes, la nécessité d'un accès *technique* et *non technologique* aux dispositifs dont ils ont la charge. Nous n'entendons pas ici technologique au sens étymologique (*tekhnè-logos*, discours sur les techniques, *i.e.* compréhension procédurale), mais au sens contemporain plus commun de techno-science, renvoyant à l'idée de processus alliant savoirs scientifiques et procédés industriels de grande ampleur, des machineries complexes et potentiellement opaques aux perceptions humaines [176]. Autrement dit, l'enjeu, pour ces immenses infrastructures, est de maintenir la possibilité d'un accès aux processus à l'échelle des opérateurs, indispensables à la maintenance quotidienne des systèmes. Techniques et technologies sont par nature faillibles, mais les premières, à la différence des secondes, permettent davantage de maîtrise humaine face à leurs dysfonctionnements. On peut alors inverser la vulgate managériale en la matière et considérer que si certaines pannes prennent leur source dans l'action de l'Homme, la totalité des situations de bon fonctionnement des infrastructures est en réalité intégralement de son fait !

Si un datacenter emploie peu de personnel fixe, le recours à la sous-traitance implique néanmoins la mobilisation de nombreux acteurs lors de la prévention ou de la résolution d'un problème, ce qui a pour vertu de rendre visible les multiples compétences et réseaux humains sollicités pour le maintien du système. Derrière le discours clinquant de l'automatisation, certains opérateurs de datacenters prennent les devants pour créer localement des filières de formation spécialisées dans la gestion et la maintenance de leurs infrastructures. Ainsi, l'opérateur Telecity Group (racheté depuis par l'entreprise Equinix) s'est rapproché en 2010 de l'université de Villetaneuse pour élaborer un cursus datacenter au sein du diplôme universitaire de technologie génie électrique et informatique industrielle (DUT GE2I). Cette initiative vient répondre à un double problème pour l'opérateur : d'abord, il s'agissait de répondre aux

[175] Entretien du 9 novembre 2018.

[176] Sur les différents sens de la technologie, voir notamment Carnino, 2010 ; Carnino, Hilaire-Pérez, 2017. Sur la distinction entre technique et technologie contemporaine, voir Biagini, Carnino, 2010.

critiques qui s'inquiétaient de l'importante occupation foncière des centres de données sans pour autant prendre part pleinement à l'économie locale [177]. Ensuite, les techniciens issus des formations classiques ne possédaient pas les compétences nécessaires à la maintenance de ces infrastructures : spécialisés par type de technologie (génie électrique ou réseaux), ils n'étaient pas en mesure de prendre en compte la complexité des relations entre les différents équipements qui composent le centre de données.

Le nouveau cursus se différencie ainsi des formations existantes en n'étant « pas orienté vers un domaine mais vers un outil industriel ». Ouverte en 2012, la formation articule trois domaines de compétence : la partie réseau, demandant aux techniciens des savoirs manuels, notamment épissurer les fibres optiques, mais aussi connaître les bases de la configuration des routeurs, la gestion des adresses IP et la topologie des réseaux. La partie électrique, cruciale pour assurer une distribution en énergie la plus propre possible, c'est-à-dire régulière, nette et sans coupure, demandant notamment de savoir gérer les systèmes automatiques et d'assurer manuellement les prises de relais entre les différents systèmes électriques (batteries, groupes électrogènes) en cas d'échec des automates. À cela s'ajoutent des cours de climatique pour assurer la régulation thermique et hygrométrique des salles.

Ces formations techniques permettant la gestion des infrastructures de réseau ne reposent pas sur des technologies particulièrement neuves, mais sur l'agencement d'un ensemble de techniques bien maîtrisées. Lorsque l'on visite un datacenter, on constate rapidement que si l'essentiel de la valeur économique est produit par le fonctionnement des ordinateurs, le temps passé dans la salle informatique est relativement faible vis-à-vis de celui consacré à l'exposition des autres installations. La surface occupée par les serveurs ne représente généralement que la moitié, au plus, de celle destinée au reste des équipements (armoires électriques, transformateurs, batteries, groupes électrogènes, bonbonnes de gaz inerte en cas d'incendie, groupes froids, sans compter une salle de réunion, quelques salles de repos ou de travail, et un espace pour les services de sécurité, les humains aussi ayant des besoins à respecter pour veiller au bon fonctionnement des machines).

[177] Pour analyse de la polémique suscitée par la présence de nombreux *datacenters* à Plaine Commune, au nord de Paris, voir Marquet, 2018.

Si le contenu de la formation universitaire « technicien infrastructures » témoigne de la diversité des systèmes techniques qui sont articulés pour garantir la continuité de service, la spécificité du centre de données n'est cependant pas uniquement abordée sous sa dimension technique, mais aussi sous son aspect commercial. Le DUT fonctionne ainsi sur un principe de sélection, recrutant douze à quinze élèves parmi la promotion de première année composée de quarante à soixante-cinq élèves. La sélection se fait en particulier sur les compétences dites de rigueur et de « savoir-être » en entreprise, qui font par ailleurs l'objet de cours lors de la suite de la formation, comprenant la ponctualité, la politesse, la gestion du stress et l'anglais. Autant de compétences sociales que la responsable de formation estime d'autant plus nécessaires que les étudiants du département, la Seine-Saint-Denis, peuvent être davantage attendus sur ces questions en raison des préjugés sur le 93. À la différence d'autres équipements techniques (centrales électriques, postes sources) et en dépit des efforts des architectes pour séparer les salles de serveurs des équipements d'infrastructures, le *datacenter* reste un espace partagé entre les différents métiers, c'est-à-dire entre les techniciens et les développeurs informatiques, qui sont bien souvent des clients de l'hébergeur. La criticité des installations, et notamment l'enjeu de la continuité de service, est là aussi mise en avant pour justifier le soin pris dans la sélection :

> « Il y a une banque avec qui on travaille, si on prend les systèmes d'information des salles de marché, il ne faut pas une microseconde de coupure. Et quand on a un client au téléphone, en général le client n'appelle pas pour dire tout va bien mais pour dire qu'il a un souci, donc auquel cas il faut aussi savoir tenir le stress et ne pas se liquéfier. » [178]

Garantir la continuité de service passe aussi par des conditions de travail fatigantes, les techniciens sont aux trois huit et peuvent être d'astreintes en cas d'incidents. Lors des retours de stage, les étudiants font remarquer la longueur des couloirs des bâtiments : le caractère éprouvant de ce travail est aussi ce qui permet à la formation de tourner. Les 60 % à 70 % d'étudiants embauchés en CDI à la fin de chaque année (soit environ 8 élèves sur 12) reposent notamment sur l'important *turn-over* du métier : « Je pense que

[178] Entretien avec Fabienne Floret, maîtresse de conférences en génie électrique à l'IUT de Villetaneuse et responsable du cursus datacenter (3 octobre 2016).

c'est un boulot assez physique, au bout d'un moment il y a une certaine usure, ça libère des places et ça fait vivre la formation. » Selon la responsable de formation, les techniciens font ce travail quelques années puis, soit montent en hiérarchie, soit s'orientent vers d'autres postes de techniciens dont les conditions de travail et notamment les horaires sont plus conciliables avec une vie de famille.

À titre d'exemple, la mégapanne qu'a connu OVH le 9 novembre 2017 sur ses datacenters de Roubaix et Strasbourg a demandé une disponibilité totale des équipes pendant plusieurs jours. Comme les conséquences sur l'infrastructure située à Strasbourg étaient plus importantes, OVH a affrété des jets privés afin d'accélérer la rotation des équipes entre Strasbourg et Roubaix (Fig. 2).

https://journals.openedition.org/artefact/docannexe/image/4731/img-2.jpg

Fig. 2. - Tweet d'Octave Klaba, P.-D.G. de l'hébergeur OVH, le 12 novembre 2017

La disponibilité permanente du système implique une mise à disposition d'humains, qui doivent se soumettre au rythme et aux nécessités des flux numériques. Et si un *datacenter* emploie peu de

personnel fixe, c'est toute une batterie de métiers rattachés à chaque équipement qui doit se tenir au garde-à-vous chez chaque sous-traitant de l'infrastructure.

Conclusion

Nous rencontrons finalement une certaine histoire des techniques et de l'industrie s'inscrivant notamment dans les travaux d'Hélène Vérin (qui voyait dans les innombrables activités de réparation – et non dans l'innovation, fût-elle de rupture – la dynamique première de l'industrialisation [Vérin, 2011]), de Liliane Hilaire-Pérez (qui décrit les tâches multiformes et segmentées du milieu artisanal du luxe londonien au xviii^{e} siècle comme vectrices du processus d'industrialisation [Hilaire-Pérez, 2013]), de Carlotta Benvegnù et David Gaborieau (qui montrent que loin d'engendrer un chômage massif par les algorithmes et le *big data*, la logistique, véritable envers du décor du e-commerce et de la grande distribution, est un univers excessivement consommateur de main-d'œuvre, usée prématurément [Benvegnù, Gaborieau, 2017]) ou du programme de recherche de Jérôme Denis et David Pontille relatif à la maintenance industrielle contemporaine (qui proposent d'infléchir l'analyse des systèmes techniques pour ne plus insister sur le déploiement de dispositifs prétendument autorégulés, mais bien pour faire réapparaître les innombrables « petites mains de la société d'information » rendues invisibles par le grand récit de l'innovation triomphante [Denis et Pontille, 2017]). Autrement dit, l'analyse du datacenter par la panne nous semble inviter à déplacer, au même titre que ces autres travaux, le centre de gravité de l'histoire industrielle, qui apparaît en dernière instance comme l'œuvre de travailleurs et de travailleuses, dont l'activité est recomposée par la taille des dispositifs impliqués, et dont l'enjeu quotidien consiste à maintenir un accès à dimension humaine à ceux-ci, permettant de conserver un horizon minimal de sens et d'efficacité. L'industrialisation n'est dès lors plus tant une histoire d'invention et d'innovation que de croissance de la taille des processus et périmètres techniques, aboutissant à un contrôle accru du travail humain, toujours plus enchâssé au sein de ces gigantesques infrastructures. En d'autres termes, il s'agit de conserver une prise à taille humaine sur un système dont l'échelle et la complexité débordent sinon directement toute possibilité de contrôle.

On retrouve alors l'étymologie du terme panne (*i.e.* « mettre en panne »), c'est-à-dire orienter les vergues d'un navire de manière à arrêter sa marche – un arrêt maîtrisé, indispensable au contrôle du vaisseau, et qui a fini par signifier un arrêt de fonctionner tout court. Car pour stopper un galion et rester sur place, il ne faut pas se contenter de larguer les écoutes et d'attendre (sans quoi on perd le contrôle du bateau) ; il faut masquer ses voiles, c'est-à-dire régler la moitié d'entre elles pour avancer et border l'autre moitié « à contre », comme si l'on voulait faire reculer le navire. Le bâtiment reste alors stable et il peut reprendre sa course aisément. Originellement, la panne renvoie donc à l'action humaine indispensable pour conserver la maîtrise d'un dispositif.

À cet égard, un réseau hydraulique, une chaîne de production logistique ou un datacenter ne diffèrent guère d'une frégate de la Royale du grand siècle : l'humain reste central dans la gestion quotidienne et récurrente des incidents. Une inversion s'opère néanmoins à l'échelle des dispositifs contemporains : si ce travail incessant de l'Homme est plus que jamais indispensable au bon fonctionnement des macro-systèmes techniques [Hughes, 1983], le rythme de l'activité est désormais cadencé par leur temporalité propre. Le tempo social est alors celui des machines qui forment système, et la propriété de ces systèmes assure désormais une puissance (économique, politique ou militaire) à la mesure du nombre d'invisibles petites mains enrôlées dans leur maintenance. On comprend que les détenteurs et bénéficiaires de ces infrastructures ont tout intérêt à faire croire que la source de leur pouvoir réside dans des machines et non dans l'exploitation d'un travail humain. Gageons que, depuis deux siècles au moins, une large part des discours sur l'automatisation a justement pour fonction de banaliser cette fiction politique et de minorer l'importance de l'activité de l'Homme, étonnamment persistante sur le long cours. En ce sens, un macro-système technique est un instrument de prescription opératoire et d'ordonnancement social, c'est-à-dire un artefact politique.

Guillaume Carnino est maître de conférences en histoire des sciences et techniques. Dix-neuviémiste, il s'intéresse aux fondements épistémologiques et industriels de la technologie. Plus largement contemporanéiste, il travaille sur l'histoire de la quantification et de l'informatique, notamment des datacenters. Il a publié *L'Invention de la science. La nouvelle religion de l'âge industriel* (Paris, Seuil, 2015) et

coordonné, avec Liliane Hilaire-Pérez et Aleksandra Kobiljski, *Une Histoire des techniques. Mondes, sociétés, cultures, XVI^e^-XVIII^e^ siècles* (Paris, Presses universitaires de France, 2016).

Clément Marquet est postdoctorant en sociologie au Centre Alexandre-Koyré (EHESS), sur une bourse de l'Alliance Sorbonne Université, en partenariat avec l'université de technologie de Compiègne. Ses travaux portent sur les infrastructures numériques, leur rôle dans l'aménagement urbain et leurs conséquences environnementales. Actuellement, il mène une recherche sur les enjeux politiques et économiques de la mise en chiffre de l'empreinte environnementale du numérique.

Article publié dans la revue *Artefact* n°11, 2019.
URL : http://journals.openedition.org/artefact/4731

Sources et bibliographie

Balodis Rihards, Opmane Inara, « History of Data Centre Development », dans Arthur Tatnall (dir.). *Reflections on the History of Computing: Preserving Memories and Sharing Stories*, Springer, 2012, p. 180-203.

Benvegnù Carlotta, Gaborieau David, « Produire le flux. L'entrepôt comme prolongement d'un monde industriel sous une forme logistique », *Savoir/Agir*, n° 39, 1, 2017, p. 66-72.

Biagini Cédric, Carnino Guillaume, *Les Luddites en France : résistance à l'industrialisation et à l'informatisation,* L'Échappée, Montreuil, 2010.

Blanchette Jean-François, « A Material History of Bits », *Journal of The American Society for Information Science and Technology*, 62(6), 2011, p. 1042-1057.

Callén Blanca, « Donner une seconde vie aux déchets électroniques. Économies informelles et innovation sociotechnique par les marges », *Techniques & culture* n° 65-66, 2016, p. 206-219.

Carnino Guillaume, « Les Transformations de la technologie. Du discours sur les techniques à la "techno-science" », *Romantisme. Revue d'histoire du XIX^e^ siècle*, n° 150, 2010, p. 75-84.

Carnino Guillaume et Hilaire-Pérez Liliane, « Qu'est-ce que la technologie ? Jalons pour l'histoire longue d'un concept oublié », dans Guillaume Carnino, Liliane Hilaire-Pérez et Jochen Hoock (dir.), *La technologie générale. Johann Beckmann, Entwurf der algemeinen Technologie/Projet de technologie générale (1806)*, Presses universitaires de Rennes, Rennes, 2017, p. 13-36.

Carnino Guillaume et Marquet Clément, « Les datacenters enfoncent le cloud : enjeux politiques et impacts environnementaux d'internet », *Zilsel*, n° 3, 2018, p. 19-62.

Denis Jérôme et Pontille David, « Beyond breakdown: exploring regimes of maintenance », *Continent*, 2017, p. 13-17.

Diguet Cécile, Lopez Fanny (dir.), *L'impact spatial et énergétique des datacenters sur les territoires*, Rapport Ademe, 2019.

Ferreboeuf Hugues (dir.), *Lean ICT. Pour une sobriété numérique,* Rapport The Shift Project, 2018.
Fressoz Jean-Baptiste, *L'Apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*, Seuil, Paris, 2012
Hilaire-Pérez Liliane, *La Pièce et le Geste. Artisans, marchands et savoir technique à Londres au xviii^e siècle*, Albin Michel, Paris, 2013.
Hogan Mél, « Data Flows and Water Woes: The Utah Data Center », *Big Data & Society*, n° 2, 2015, p. 1-12.
Holt Jennifer, Vondereau Patrick, « Where the Internet Lives. Data Centers as Cloud Infrastructures », dans Lisa Parks, Nicole Starosielski (dir.), *Signal Traffic. Critical Studies of Media Infrastructures,* University of Illinois Press, Chicago, 2015.
Hughes Thomas P., *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1983.
Jarrige François, « Face au luddisme : quelques interprétations », dans Cédric Biagini, Guillaume Carnino (dir.), *Les Luddites en France. Résistances à l'industrialisation et à l'informatisation*, L'Échappée, Montreuil, 2010, p. 287-334.
Kaplan Steven L., Minard Philippe (dir.), *La France, malade du corporatisme ? xviii^e-xx^e siècles*, Belin, Paris, 2004.
Marquet Clément, « Ce nuage que je ne saurais voir. Promouvoir, contester et réguler les data centers à Plaine Commune », *Tracés*, vol. 2, n° 35, 2018, p. 75-98.
Mattern Shannon, *Code and Clay, Data and Dirt. Five Thousands Years of Urban Media*, University of Minnesota Press, Minneapolis & London, 2013.
Moriset Bruno, « Les forteresses de l'économie numérique. Des immeubles intelligents aux hôtels de télécommunications », *Géocarrefour*, n° 78, 4, 2003, p. 375-388.
Mounier-Kuhn Pierre, *Mémoires vives. 50 ans d'informatique chez BNP Paribas*, BNP Paribas, Paris, 2013.
Parks Lisa, Starosielski Nicole (dir.), *Signal Traffic. Critical Studies of Media Infrastructures,* University of Illinois Press, Chicago, 2015.
Redmond Kent C., Smith Thomas M., *Project Whirlwind*, Digital Press, 1980.
Sennett Richard, *Ce que sait la main : la culture de l'artisanat*, Albin Michel, Paris, 2009.
Star Susan L., « The Ethnography of Infrastructure », *American Behavioral Scientist*, vol. 43, n° 3, 1999, p. 377-391.
Starosielski Nicole, *The Undersea Network*, Duke University Press, Durham & London, 2015.
Stiegler Bernard, *La Société automatique*, Fayard, Paris, 2015.
Taylor A.R.E, « Data Centers as Technological Wilderness », *Culture Machine*, vol. 18, 2018.
Velkova Julia, « Data that warms: Waste heat, infrastructural convergence and the computation traffic commodity », *Big Data & Society*, juillet-décembre 2016, p. 1-10.
Vérin Hélène, *Entrepreneurs, entreprise. Histoire d'une idée*, Garnier, Paris, 2011.
Vonderau Asta, « Scaling the Cloud: Making State and Infrastructure in Sweden », *Ethnos*, 2018.
Winkler David F., Webster Julie L., *Searching the skies: the legacy of the United States Cold War defense radar program*, Headquarters Air Combat Command, 1997.

Guillaume Carnino et Clément Marquet

Cooling, quick fix et spaghetti cloud dans l'univers du datacenter

Changement d'échelle et industrialisation du numérique

2022

Résumé

Les *datacenters* mettent en œuvre des transformations techniques, spatiales et organisationnelles pour accompagner la massification des échanges informatiques. Comment une salle informatique devient-elle un *datacenter* ? Les *datacenters* appartiennent-ils au secteur tertiaire ou industriel ? Quels sont les seuils permettant de trancher ces dilemmes ? En s'intéressant aux problématiques rencontrées par les acteurs des *datacenters* (gestionnaires d'infrastructures, directeurs des systèmes d'information, consultants, mais aussi élus locaux et fournisseurs d'électricité), cet article met en évidence les conséquences matérielles de l'essor du numérique et les conflits de catégories qui résultent de l'industrialisation de ces infrastructures. Plutôt que de définir l'industrie par un ensemble de critères, il s'agit de saisir la centralité du changement d'échelle dans la conduite d'activités techniques.

> « Les services fiscaux disposent d'indicateurs pour savoir si un immeuble est plutôt un immeuble industriel ou un immeuble de bureaux : notamment, ils disposent de la hauteur des étages, de la résistance des dalles, etc. Évidemment si j'ai six mètres à chaque niveau et que je peux mettre deux tonnes par mètre carré, c'est sûrement pas pour mettre des studios, c'est pour pouvoir mettre du lourd. Donc les services fiscaux ont des instructions. On est une

> industrie, on utilise des bâtiments à usage industriel, on est soumis à l'ICPE et les mairies nous reconnaissent comme potentiellement perturbateurs par ce caractère industriel. À côté de ça, au sens de la réglementation et fiscalement parlant, on est du tertiaire. Donc on n'est pas reconnu comme une industrie. » [179]

Qu'est-ce alors qu'une industrie ? Le consultant *datacenter* Laurent Trescartes nous rappelle que pour les services de l'État eux-mêmes, la réponse à cette question n'est pas toujours facile. Quel devrait être le critère (qu'il s'agisse de la hauteur sous plafond, des techniques mobilisées, de l'extension des marchés ou de la division du travail) permettant de qualifier ce qu'est l'industrie ? D'ailleurs, peut-il exister un critère ultime qui permettrait, sans coup férir, de saisir le moment où une activité devient industrielle (un processus manifeste dans les récentes mutations de l'entrepôt logistique [Gaborieau, 2016] ou l'émergence des *datacenters* [Carnino, Marquet, 2018]) ? Le paradoxe pointé par Laurent Trescartes est celui d'une activité de production de services, c'est-à-dire considérée comme du « tertiaire » [180], qui se déploie au point où le bâti qui l'héberge en vient à respecter les normes de l'industrie lourde : sa prise de position met en évidence ce moment où l'activité de gestion du matériel informatique s'est suffisamment transformée pour soulever des problèmes catégoriels aux yeux des administrations.

Ainsi, plutôt que de nous questionner sur les critères qui font ou non des *datacenters* une industrie, nous nous intéresserons aux processus d'industrialisation qui ont contribué, au cours des vingt dernières années, à reconfigurer les espaces, l'organisation et le travail de la production informatique, transformant en *datacenter* ce que l'on appelait auparavant des « salles blanches », et déstabilisant les dispositifs réglementaires gouvernementaux à différents niveaux (fiscalité, urbanisme ou distribution d'énergie). Par processus d'industrialisation nous désignons d'une part les difficultés rencontrées par les gestionnaires de salle informatique ou de *datacenter* face à la massification des opérations qu'ils doivent gérer et, d'autre part, les solutions mises en œuvre pour résoudre ces problèmes de montée en échelle (ce qui est aussi nommé, par anglicisme, la scalabilité) – ces difficultés et solutions

[179] Laurent Trescartes, consultant senior Critical Building, entretien, 29 avril 2016.
[180] Voir par exemple le travail du géographe Henry Bakis, qualifiant les *datacenters* de « nouveau type d'établissements tertiaires ». Bakis, 2013.

pouvant être d'ordre technique, organisationnel ou encore réglementaire, les trois étant bien souvent liés.

L'hypothèse qui guide notre réflexion est qu'une activité devient industrielle par les réponses apportées au sein de différents espaces sociaux à des épreuves de montée en échelle. Savoir monter en échelle, c'est être capable de délivrer un même service ou produit à qualité constante, mais dans des quantités bien plus importantes et au sein d'espaces géographiques plus diversifiés [Tsing, 2012]. Ce devenir industriel passe à la fois par les transformations qui permettent à l'activité de se poursuivre, sans apparence de changement pour ses clients, mais aussi par les enjeux normatifs et administratifs qui permettent ce changement ou lui font obstacle [Pfotenhauer, Laurent, Papageorgiou *et al.*, 2022]. Autrement dit, plutôt qu'une caractérologie détaillée de l'industrie, nous proposons de mettre en évidence le gradient d'évolution qui amène la salle informatique gérée artisanalement à devenir un *datacenter* industriel. Nous espérons ainsi intégrer ces récits très contemporains de la mondialisation numérique à l'histoire globale de l'industrialisation, afin d'éclairer ceux-ci en retour : nous ne proposons donc pas un critère ultime de définition de l'industrie, mais une façon générique (c'est-à-dire la montée en échelle – qu'elle soit géographique, temporelle, technique, économique, etc.) de saisir le mouvement que constitue l'industrialisation.

Les enjeux de montée en échelle dans la transformation numérique du monde ont déjà été abordés dans les études sur les infrastructures, mais uniquement sous l'angle des instruments informationnels permettant de coordonner des groupes de personnes toujours plus importants [Star, Ruhleder, 1996] ou d'observer, anticiper et planifier l'allocation de ressources informatiques dans des projets scientifiques [Ribes, Jackson, Geiger *et al*., 2013]. Si l'informatique joue un rôle crucial dans la massification des échanges [Quet, 2022], les efforts matériels qui permettent de gérer les sauts d'échelle spectaculaires, observables par exemple avec l'avènement de l'économie des plateformes [Pfotenhauer, Laurent, Papageorgiou *et al.*, 2022], ont été très peu étudiés [181]. Pourtant, comme le montre l'historien Nathan

[181] Dans les études sur le numérique, le terme « matérialité » peut revêtir des sens variés, renvoyant par exemple aux effets politiques et sociaux des standards et

Ensmenger, penser le *cloud* à partir du modèle de l'usine plutôt que comme technologie de traitement de données à distance a des implications non négligeables sur notre vision du monde, que cela soit en termes d'organisation physique et géographique de l'internet, de compréhension des transformations du travail (et notamment de l'émergence des travailleurs du clic [Cardon, Casilli, 2015]) ou de perception des conséquences environnementales de nos activités numériques [Ensmenger, 2021].

En étudiant les processus d'industrialisation à l'œuvre dans les *datacenters*, nous entendons contribuer à une réflexion plus spécifique sur les relations entre numérique et industrie, à la croisée de l'histoire de l'informatique [Ensmenger, 2021] et des études critiques des médias [Plantin, 2021 ; Hogan, 2021]. Ces travaux mobilisent la notion d'industrie de façon heuristique pour reconsidérer le déploiement du numérique sous un nouveau jour, soulignant la matérialité des infrastructures, l'entretien d'une dynamique exponentielle de production de données ou encore la situation d'aliénation des travailleurs des données. Leurs auteurs se positionnent en réaction aux théories célébrant l'essor des technologies de l'information et de la communication en tant qu'ouverture vers un monde post-industriel. Au contraire, comme le montrent bien ces recherches, le numérique participe à l'avènement d'un monde hyper-industriel [Veltz, 2017] [182]. En témoignent le rôle des outils numériques dans l'intensification de la production et des échanges marchands [Flipo, 2020], ainsi que les configurations spatiales et énergétiques au sein desquelles se déploient les *datacenters* : c'est bien souvent sur les friches des anciennes industries et en se raccordant aux sources énergétiques qui les alimentaient que se construisent les bâtiments qui abritent les échanges de données d'aujourd'hui [Pickren, 2017 ; Marquet, 2018 ; Estecahandy, Limonier, 2020].

Pour rendre compte des processus d'industrialisation des *datacenters*, nous prêterons attention aux récits du changement

protocoles utilisés pour organiser la circulation de l'information. Musiani, 2018. Ici, nous utilisons les termes « matériel » ou « matérialité » pour caractériser la couche physique du numérique, faite de ciment, de briques, de câbles, d'unités réfrigérantes, de cuves de fioul, etc.

[182] Selon Pierre Veltz, loin de disparaître, les processus industriels s'intensifient et s'étendent à un grand nombre d'activités que l'on regroupe spontanément sous la qualification de service ou « secteur tertiaire ».

d'échelle et observerons comment ces récits témoignent des transformations internes, mais font aussi écho aux métamorphoses du paysage institutionnel dans lequel évolue le monde du *datacenter* [183]. Autrement dit, il s'agit d'observer comment des acteurs localement en prise avec les *datacenters* sont confrontés à des problèmes d'industrialisation et de gestion de la montée en échelle. Comment la massification des échanges d'information transforme-t-elle les bâtiments dont ces derniers dépendent ? Que produisent les mutations de ces bâtiments sur les pratiques des travailleurs et comment recomposent-elles leur relation aux pouvoirs publics ? Comment ces transformations nous renseignent-elles sur les processus d'industrialisation et leurs effets ?

Pour répondre à ces questions, notre article s'organise en quatre sections. Les deux premières portent sur des épreuves rencontrées par des gestionnaires de *datacenters* de tailles diverses – de la petite salle informatique d'une collectivité rurale aux bâtiments d'hébergeurs informatiques internationaux, en passant par les salles moyennes d'une université et d'une entreprise du CAC 40. Ces épreuves donnent à voir les réorganisations technologiques, organisationnelles et spatiales engendrées par la croissance de ces activités. Elles portent sur deux dimensions centrales de la gestion des équipements informatiques – à savoir leur refroidissement et leur raccordement aux réseaux de télécommunication. Les deux dernières parties portent sur les conséquences de cette croissance dans les relations qu'entretiennent les opérateurs de centres de données avec les acteurs institutionnels : nous montrerons que la croissance des *datacenters* s'accompagne de franchissements de seuils (énergétiques, matériels, techniques, administratifs et réglementaires) qui désorientent tant les acteurs économiques que celles et ceux qui souhaitent les réguler. Passant progressivement du statut d'établissement tertiaire à celui d'équipement industriel, les *datacenters* provoquent des conflits de catégories qui donnent à voir à la fois les épreuves suscitées par les transformations des *datacenters* pour les acteurs institutionnels et la difficulté à qualifier ce que l'on nomme couramment « industrie ».

[183] Nous nous inspirons en cela du travail du sociologue David Ribes qui invite à conduire des ethnographies centrées sur les outils informatiques permettant d'accompagner le changement d'échelle, ce qu'il nomme plus succinctement une « Ethnography of Scaling » [Ribes, 2014].

Cet article s'appuie sur une recherche au long cours sur le monde des *datacenters*. Il mobilise des entretiens avec des responsables de bureaux d'étude spécialisés dans la construction des *datacenters*, des agents territoriaux, des élus, des directeurs techniques de *datacenter* universitaires et privés, des directeurs de systèmes d'information de grandes entreprises françaises (CAC 40), des visites de *datacenters* universitaires et privés ainsi qu'une participation régulière aux événements professionnels de la filière du *cloud* et du *datacenter* depuis 2015. Nous nous appuyons sur une grande variété de types d'infrastructures et d'épreuves. Cette diversité nous semble importante car les épreuves d'industrialisation étudiées se répètent en différents lieux et moments, tout en faisant émerger des solutions de plus en plus standardisées par la mise en place de normes et de codes de bonnes pratiques édictés aux niveaux transnationaux par les acteurs économiques et institutionnels. Par ailleurs, à la différence des travaux historiens cherchant à définir *a posteriori* des critères pour définir l'industrie, cet article permet d'observer le devenir industriel d'un secteur « en train de se faire » et les troubles que cela engendre.

Climatiser la croissance

Le processus d'industrialisation des salles informatiques commence au cours du dernier quart du XX^e^ siècle et connaît un fort coup d'accélérateur durant les années 2000. Certains des acteurs rencontrés ont dû gérer des salles blanches qui n'avaient pas encore été supplantées par des bâtiments dédiés, alors que les machines s'étaient pourtant déjà multipliées et que leurs sollicitations étaient permanentes. Deux informaticiens d'un *datacenter* universitaire de province nous racontent ainsi, sidérés par le chemin parcouru depuis, combien leurs machines devaient être, avant la création du bâti industriel, une préoccupation de chaque instant : épousseter les ventilateurs à l'aspirateur, mesurer la température, ouvrir les fenêtres lorsqu'il faisait trop chaud dans la salle, etc.[184]. Un gestionnaire de salle informatique pour de nombreuses petites collectivités indique qu'il partait louer des unités de climatisation chez Kiloutou pour « passer l'été » et

[184] Visite de *datacenter* universitaire, 16 février 2017.

qu'ensuite il « pri[ait] pour que ça ne brûle pas » [185]. Le constat est unanime, et un directeur de centre confirme : « on était au bout du bout » [186]. Multiplier les serveurs de façon anarchique, sans plan rationalisé de climatisation, ne pouvait fonctionner qu'un temps, et dès la fin des années 1990, la situation était devenue intenable pour beaucoup.

La solution invariablement plébiscitée est celle d'un bâti spécifique, que nous appellerons ici *datacenter*, se différenciant de la salle informatique, autrefois établie bien souvent là où c'était possible, selon les moyens et l'espace disponible du propriétaire : dans une cave, un grenier, une dépendance, « un abri de jardin » [Adda, 2022]. Le *datacenter*, bâtiment dédié, possède entre autres ses propres unités de climatisation. Certains acteurs se spécialisent dans le management de ces bâtiments et proposent leurs services aux petites et moyennes entreprises n'ayant pas les moyens de réaliser de tels investissements. Ces acteurs appelés « hébergeurs » ou « opérateurs de colocation neutre » promettent d'assurer la sécurité du matériel informatique sur le plan physique, garantissent la disponibilité des données tout au long de l'année [187] et cherchent à rentabiliser des investissements qui deviennent de plus en plus importants au fil des années. Ces opérateurs sont alors, du point de vue de leurs clients, des bailleurs, « des vendeurs de mètres carrés avec de l'énergie et du froid » [188] – d'où une volonté de densifier les espaces. Cela signifie que lorsqu'un client y dépose une baie, on l'incite à la remplir au maximum :

> « L'hébergeur, il a une baie de 52U [189], il dit vous mettez au moins vingt machines là-dedans, si ce n'est vingt-cinq ou vingt-six, car cinquante-deux c'est vingt-six quoi. » [190]

[185] Rachid Adda, directeur général du syndicat mixte ouvert Val-d'Oise numérique, conférence « Rencontres des datacenters, des territoires et des données souveraines », préfecture d'Île-de-France, 22 mars 2022. Ci-après Adda, 2022.
[186] Visite de datacenter universitaire, 16 février 2017.
[187] Voir Carnino, Marquet, 2018 pour une présentation plus détaillée du marché de l'hébergement et des engagements de disponibilité des données.
[188] Philippe Mouchel, directeur du développement économique de l'établissement public territorial de Plaine Commune, entretien, 26 juin 2015.
[189] Une unité de rack (symbole U) désigne la hauteur normalisée d'un équipement électronique conçu pour être monté dans le rack d'une baie accueillant des serveurs. Une unité de rack mesure 1,75 pouce (soit 44,45 mm) de haut. En « tassant » au maximum, il est donc possible de caser un serveur par tranche de 2U.

Différemment, dans le *datacenter* de cette entreprise internationale :

> « Sur un rack, les gens disent : moi je préfère remplir mon rack à moitié. Parce que d'abord c'est moins difficile pour moi, et si par hasard j'ai un défaut énergétique – grand dieu ça ne nous est jamais arrivé – finalement j'ai celui à côté, donc j'ai plus intérêt à mettre ça horizontalement : moins lourd, mieux rangé, même serveur de même type dans le truc, et en plus je prends moins de risques. Alors pourquoi je le ferai différemment ? » [Anonyme, 2020]

Cette recherche de la densification semble avoir eu une conséquence importante sur ce qui est appelé « l'urbanisation » des salles informatiques, c'est-à-dire l'aménagement de l'espace. Auparavant, les machines étaient mises « au petit bonheur la chance » [Anonyme, 2020], dans un souci de praticité, mais sans grande anticipation, et la climatisation fonctionnait elle aussi de façon non coordonnée – c'est-à-dire généralement avec excès pour s'assurer que la température reste fraîche (de nombreux techniciens racontent s'être inquiétés des alternances chaud-froid ou avoir enfilé leur doudoune avant de se rendre dans les salles). Or, en densifiant les racks et en les rapprochant le plus possible, les gestionnaires de *datacenters* ont fait face à des problématiques de gestion de la chaleur bien plus critiques :

> « […] au milieu des années 2000, l'hébergement de données informatiques est allé en croissance, et on a commencé à avoir des enjeux technologiques de densification, en passant de 300 à 700 watts au m², et aujourd'hui il y a plus de 2 500 watts au m², avec des enjeux de conso[mmation], de thermodynamique, de *cooling* [refroidissement], qui ne sont pas du tout les mêmes que ce qu'on a pu rencontrer il y a quinze ou vingt ans. » [191]

La solution trouvée progressivement pour faire face à ce problème a été le confinement des parcs informatiques dans des structures hermétiques organisées selon un principe de gestion thermique : d'un côté des allées chaudes, de l'autre des allées froides. D'un côté, de l'air froid est injecté pour être aspiré par les serveurs, de l'autre, les serveurs rejettent de l'air chaud qui est ventilé pour être refroidi. En confinant la salle informatique, les

[190] Anonyme, directeur technique d'une entreprise française du CAC 40, entretien, 7 février 2020. Ci-après Anonyme, 2020.
[191] Anonyme, fondateur et directeur d'une société d'hébergement informatique de 2001 à 2021, entretien, 14 décembre 2021.

managers de *datacenter* sont amenés à réorganiser l'architecture générale du bâtiment. La nature même des espaces se modifie alors : des cloisons apparaissent pour matérialiser les allées, des sas sont intégrés aux salles, des portes coulissantes intérieures sont dotées de lecteurs magnétiques à badge. Le directeur technique d'un *datacenter* construit dans les années 1970 et rénové en 2017 explique :

> « […] il y a une trentaine d'années, voire une quarantaine d'années, les gens étaient dans la salle […] autour des machines. [Aujourd'hui] ça fait des enceintes très confinées, peu de gens vont dans ces enceintes. Les espaces sont même séparés d'un point de vue énergétique et d'un point de vue informatique, vous avez pu le constater, les gens de l'énergie ne croisent pas les gens des serveurs, ils ont des chemins différents. Enfin, on ne leur interdit pas de se croiser, mais d'un point de vue de l'architecture, c'est à l'extérieur, il y a des protections pour éviter que ces gens entrent à un endroit où ils n'ont pas lieu d'être, c'est tout. » [Anonyme, 2020]

Croître, c'est densifier et séparer les espaces, qui du même coup changent de nature.

Le nœud gordien du câblage

La climatisation n'est pas le seul facteur de réorganisation du bâti : le câblage, bien que parfois moins visible, est peut-être tout aussi crucial dans l'agencement matériel des espaces. L'engorgement des câbles est un problème classique des *datacenters* historiques, comme nous le rappelle un directeur d'infrastructure :

> « Quand on a dû rénover notre salle machine, une des problématiques qu'on avait, c'est qu'on avait tellement de câbles que les chemins de câbles risquaient de s'effondrer. Le cuivre, ça a un poids, et quand on en mettait des kilomètres au-dessus puis en dessous, avec la problématique que quand on enlève une machine assez régulièrement on n'enlève pas le câble, à la fin on ne sait plus. On ne pensait pas gérer ça. Et à la fin on a une telle quantité de câblage que c'était devenu un problème de poids, d'urbanisme. » [Anonyme, 2020]

Le cas de Telehouse, un acteur majeur de l'internet français, et en particulier de son site TH2 (boulevard Voltaire à Paris), est exemplaire en la matière. TH2 a ouvert en 1998 et garantirait aujourd'hui la circulation d'au moins 50 % du trafic Internet direct

français. Lors d'une conférence donnée en 2019 lors d'un événement organisé par *Global Security Mag*, le directeur adjoint de Telehouse France a raconté comment son entreprise a fait face au problème de l'accumulation des câbles sous les faux planchers [192] (Fig. 1).

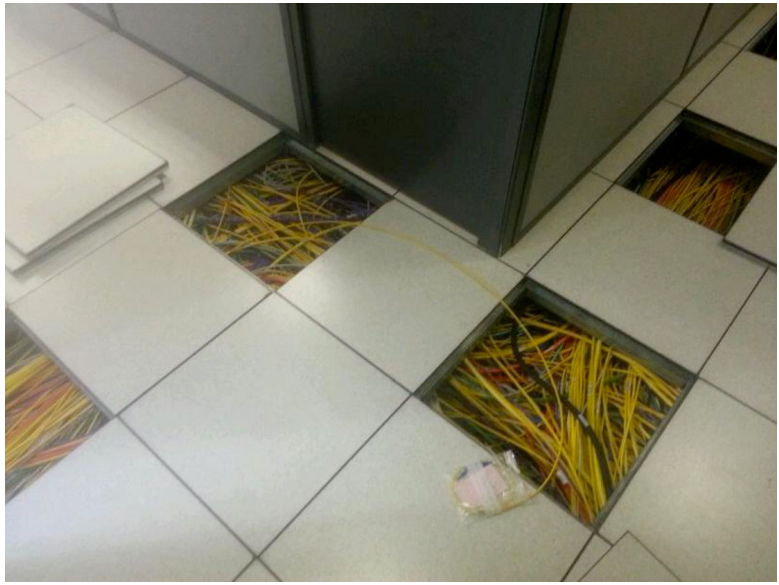
Pour comprendre cette histoire, revenons d'abord sur l'architecture du *datacenter* : les salles informatiques sont généralement installées sur de faux planchers ou planchers techniques, posés sur des treillis métalliques et soutenus par des vérins à trente ou quarante centimètres du sol. Ces planchers servent à faire passer les câbles d'alimentation, mais aussi les câbles réseau, afin que les techniciens marchent sur un sol dégagé de tout obstacle : lorsque l'on porte des serveurs de plusieurs dizaines de kilogrammes, mieux vaut éviter de se prendre les pieds dans un câble. Mais avec les années, les faux planchers en sont venus à héberger des monstres. Historiquement, les clients des espaces loués tiraient eux-mêmes leurs câbles. Ils interconnectaient ainsi leurs machines avec les réseaux extérieurs ou avec des entreprises partenaires, ce que l'on appelle des *cross connect* : une connexion directe entre deux entreprises au sein d'un *datacenter*, permettant d'éviter que l'information ne fasse le tour du monde pour finalement revenir dans un ordinateur voisin, et gagner ainsi quelques millisecondes de latence – ce qui est crucial pour les activités bancaires, les jeux vidéo, le streaming ou la publicité. Cependant, lorsque les machines étaient décommissionnées, les câbles n'étaient pas enlevés pour autant. Ils étaient laissés dans le paquet de nœuds du faux plancher ou dans les coursives aériennes au-dessus des racks.

Cet encombrement a fini par engendrer plusieurs désagréments : d'abord, au bout d'une quinzaine d'années, il n'y a plus de place pour passer de nouveaux câbles, ou alors les ingénieurs réseaux et administrateurs systèmes qui interviennent risquent fortement de débrancher un voisin dont l'activité est potentiellement critique. Ensuite, les câbles obstruent les systèmes de climatisation et demandent donc à l'opérateur de consommer bien plus d'électricité

[192] Ce qui suit s'appuie sur une présentation de Sami Slim, directeur adjoint de Telehouse 2, intitulée « Urbanisation et architectures de connectivité des *datacenters* » donnée lors de la conférence « La transition énergétique au cœur de l'évolution des *Data Centers* » organisée par *Global Security Mag* le 25 septembre 2019.

qu'il ne le devrait pour refroidir les salles – un enjeu crucial, on l'a vu, pour la sécurité des échanges informatiques. Mais en raison de l'activité ininterrompue des clients, les gestionnaires de TH2 ne peuvent pas simplement tout arracher pour tout rebrancher. Le problème est alors réglé en deux temps.

D'abord, l'opérateur intègre dans son bâtiment une solution architecturale et technique qui apparaît à la fin des années 1990 dans le monde de la colocation neutre : la *meet-me-room* (MMR). Il s'agit d'une salle spécifique dédiée à l'interconnexion des serveurs du *datacenter* entre eux et le monde extérieur. Cela permet aux acteurs de réduire la quantité de câbles utilisés dans le *datacenter* en raccordant chaque serveur à ce type de salle, puis en faisant réaliser les éventuels *cross connect* au sein de ces espaces par la main d'œuvre de l'opérateur qui peut ainsi actualiser les décommissionnements. D'une activité exercée un peu anarchiquement par les entreprises clientes, le *cross connect* devient un service facturé par les *datacenters* de colocation. On retrouve alors un principe propre à la densification industrielle permettant à la fois des économies d'échelle et la monétisation de services, cette fois-ci relativement à la dimension du réseau. Dans un second temps, il s'agit de migrer les trois étages du site de Voltaire vers les MMR. Telehouse envoie alors un courrier électronique à leurs quelque cinq cents clients, dans lequel ils annoncent la campagne de migration et de dépose des câbles, ce qui leur permet de référencer l'ensemble des câbles en activité. Ensuite, une fenêtre d'action correspondant aux moments de maintenance des clients est choisie, pour finalement engager le décommissionnement réel, ce qui implique d'aller récupérer et couper, mètre par mètre, de bout en bout, tous les câbles migrés. Le directeur adjoint de Telehouse insiste : « c'est vraiment un travail de fourmi, de longue haleine, qui prend énormément de temps ». Cette campagne dure finalement trois ans, de 2017 à 2019, ce qui permet de déposer 4 380 références de câbles, pour un poids total de près de neuf tonnes (8 688 kilogrammes exactement !).



https://journals.openedition.org/artefact/docannexe/image/13419/img-1.jpg
Fig. 1. – Câbles de fibre optique dans les faux planchers du *datacenter* TH2 en 2014

Cette histoire relate à nouveau comment un effet de seuil – l'accumulation des câbles – trouve une solution dans un réaménagement technique, spatial et organisationnel du *datacenter* : la mise en place de la MMR, avec une segmentation supplémentaire du travail et éventuellement la commercialisation de l'interconnexion.

Il est important de saisir que la croissance du numérique entraîne des besoins toujours plus importants en câblage et en interconnexion au sein des *datacenters*. Cette part accrue de l'activité de câblage devient aujourd'hui un problème pour de nombreux managers de *datacenters*, qu'ils soient privés ou hébergeurs, et fait l'objet de tentatives pour reconfigurer l'organisation et l'identité des travailleurs du câble. Ces responsables envisagent alors la création d'un poste spécifique et peu qualifié. Impliqué dans une telle démarche, un ancien directeur d'infrastructure de la société Systèmes, applications et produits en informatique (SAP), raconte :

> « J'avais une équipe d'ingénieurs qui faisait ça. J'avais des ingénieurs réseaux et des ingénieurs systèmes qui allaient racker et câbler des machines, certains avaient de l'appétence pour cette activité, mais d'autres ça les saoulait et c'était en général du *quick and dirty*. […] Quand ils doivent intervenir sur un problème ils vont débrancher là, ils rebranchent là, et voilà. Ils [ne] s'occupent pas vraiment des plans de câblage, des plans de baie. […] Quand ça ne marche pas on *fix* [répare rapidement] et on verra après comment on fera. » [193]

Pour ce responsable, ce problème est lié au fait que les ingénieurs réseau doivent intervenir sur des tâches souvent jugées ingrates et qui ne correspondent pas à leur niveau de compétences. Alors que le nombre de *datacenters* se multiplie, les besoins en câblage ne cessent d'augmenter. Des initiatives d'anciens du secteur émergent, dans la perspective de diviser le travail et d'identifier les tâches qui pourraient être réalisées par une main d'œuvre moins qualifiée. Partant de ce constat, Florian du Boÿs, ancien directeur de l'hébergeur Neo Telecom, crée l'association des Plombiers du numérique. Comme le précise leur site Internet :

> « Les plombiers du numérique est un projet d'insertion professionnelle de jeunes non qualifiés, initié par l'association à but non lucratif Impala avenir développement. […] [Notre] objectif : [m]ettre rapidement à l'emploi les jeunes de 18-25 ans, déscolarisés, sans diplôme ; [c]onstituer des passerelles entre les jeunes et le monde des infrastructures numériques ; […] [m]ettre en place des formations courtes, gratuites, rémunérées et applicatives, basées sur le geste et adaptées aux jeunes […]. » [194]

L'univers du *datacenter*, en pleine croissance, a besoin de petites mains formées aux tâches élémentaires : l'accumulation industrielle entraîne une standardisation et une division du travail. De nouveaux métiers manuels émergent alors et des formations en ligne [195] confirment les dires des techniciens sur site : le simple raccordement d'un câble réseau en sortie de serveur devient un problème industriel, c'est-à-dire de gestion du passage à l'échelle, d'optimisation et de normalisation, soit la condition d'une industrialisation. Il est nécessaire de mettre en place un protocole de découpe des câbles au centimètre près, de les organiser par

[193] Alain Le Mell, ancien directeur infrastructure de la société SAP et responsable *datacenter* dans l'association Les Plombiers du numérique, entretien, le 28 janvier 2020.
[194] Voir https://lesplombiersdunumerique.org/ [consulté le 15 avril 2022].
[195] https://www.youtube.com/watch?v=pLBYulLueQo.

couleur, de les peigner, de les attacher ensemble. Les banques d'images et les réseaux sociaux regorgent de ces visuels colorés et le hashtag #cableporn (désignant la fascination pour un câblage tellement bien fait et organisé qu'il en produit une satisfaction esthétique) devient viral, véritable repoussoir face au « *spaghetti cloud* » désordonné et impossible à gérer (Fig. 2). On constate alors qu'à la manière de toute activité manuelle, y compris industrielle, le travail bien fait acquiert une vertu tout à la fois technique et esthétique. En effet, contrairement à certaines analyses qui pensent l'esthétisation des photos de serveurs comme un simple artifice publicitaire [Holt, Vondereau, 2015], nous défendons le fait qu'il s'agit d'un phénomène typique d'une activité technique : une réalisation aboutie se matérialise aussi esthétiquement.

https://journals.openedition.org/artefact/docannexe/image/13419/img-2.jpg

Fig. 2. – Travail de réorganisation du câblage

Tout le monde ou presque a déjà branché un câble réseau, mais lorsque cette activité est pratiquée en série, à l'échelle industrielle, elle devient un métier, doté de ses propres normes, standards, compétences et attendus (y compris esthétiques). Ordre de grandeur confirmé par nos entretiens : nettoyer et recâbler une baie de serveurs occupe environ une journée de travail à temps

plein. Toute activité, en devenant industrielle, change de nature et se voit transformée. Le corollaire de cette affirmation est qu'aucune activité n'est par nature industrielle, car c'est sa massification qui engendre son industrialisation et s'accompagne d'une division du travail, d'une standardisation et d'une optimisation calculée.

Néanmoins, ces velléités rencontrent des obstacles d'ordre administratif : pour vivre, une formation doit être reconnue et ajoutée à des nomenclatures nationales relatives aux filières professionnelles existantes. Or, Florian du Boÿs comme son associé Alain Le Mell s'inquiètent des difficultés qu'ils rencontrent : « inutile de vous dire qu'évidemment on n'est reconnu ni par la DGEFP [Délégation générale à l'emploi et à la formation professionnelle] ni au titre des formations traditionnelles que l'État connaît parce que l'État ne sait pas ce qu'est un *datacenter* ». Ainsi, bien que l'industrie du *datacenter*, par ses associations professionnelles, soutienne des initiatives, telles que Les Plombiers du numérique, visant à créer une main-d'œuvre moins qualifiée et plus abondante afin de gérer la croissance du secteur, l'absence de relais institutionnel pourrait finir par mettre ce projet en péril.

Énergie et équité

Ces transformations de l'organisation matérielle des *datacenters* ont aussi des incidences dans les relations entre les opérateurs et les fournisseurs d'électricité, ce qui amène certaines entreprises à internaliser de nouvelles compétences techniques pour sécuriser leur localisation.

Entre les années 2000 et 2020, les salles se densifient et les prévisions de croissance ne cessent d'augmenter alors que les opérateurs de *datacenter* prospectent pour construire des installations de plus en plus grandes et, par conséquent, de plus en plus gourmandes en énergie. Cette prospection ne se fait pas sans accrocs. Dans le nord de Paris, l'établissement public territorial de Plaine Commune devient, entre 2000 et 2010, la première concentration européenne de *datacenters*. Le territoire bénéficie d'atouts géographiques particulièrement favorables à l'implantation de ces infrastructures : un foncier peu cher, un maillage dense de fibre optique interconnecté aux dorsales de l'internet, des dessertes autoroutières et une disponibilité

électrique abondante héritée des vagues précédentes d'industrialisation.

Cependant, au début des années 2010, alors qu'un projet de *datacenter* de 15 500 m², porté par l'opérateur Data4, est en discussion rue Léopold-Réchossière à Aubervilliers, le distributeur d'énergie, Enedis, alerte les pouvoirs publics sur son incapacité de satisfaire la requête de l'opérateur dans le délai imparti, alors que l'opérateur demandait 60 MW de puissance électrique pour son installation. Cette alerte d'Enedis déclenche de vifs débats sur les pratiques énergétiques des *datacenters* à Plaine Commune et leurs besoins en électricité [Marquet, 2018]. Mais au-delà de cette controverse, il faut saisir que l'alerte est déclenchée par un franchissement de seuil administratif des demandes en puissance électrique des *datacenters* [196]. L'organisation de la distribution d'électricité en France autorise Enedis à satisfaire les demandes d'électricité des clients jusqu'à 20 MW, seuil au-delà duquel les entreprises doivent s'adresser directement à Réseau transport électricité (RTE). Néanmoins, un flou existe en pratique, notamment entre 20 MW et 40 MW. Ainsi, alors que les demandes de puissance depuis les débuts des années 2000 étaient adressées à Enedis, la requête de Data4 concrétise un changement dans les normes et les seuils de réservation de puissance par ces opérateurs.

Le tableau suivant, de Cécile Diguet et Fanny Lopez, actualisé par nos soins, donne à voir l'augmentation des puissances sur les quinze dernières années. L'augmentation progressive de la capacité électrique réservée par les *datacenters* est visible, tout comme le fait qu'à partir de 2011, les demandes des opérateurs franchissent le seuil des 60 MW (colonne de droite).

[196] Ce qui suit s'appuie largement sur les propos de Philippe Luce, consultant en stratégie de marketing et communication, fondateur de la société Plus Conseil, entretien, 20 janvier 2020.

Tableau 1. – Les *datacenters* de Plaine Commune, 2022

Entreprise – *datacenter*	Date de construction	Commune – rue	Taille (m^2)			Puissance IT max (MW)	Puissance totale disponible (MW)
			Parcelle	Surface de Plancher	IT		
Interxion Par 1	1999	Aubervilliers, avenue Victor-Hugo	3 300	2 250	1 450	1,3	4
Verizon	2001	Aubervilliers, rue de la Montjoie	7 822	4 500	3 000	2,25	6,75
GTT – Interoute	2003	Aubervilliers, rue des Gardinoux	6 517		760	1,3	4
Interxion Par 2	Entre 2000 et 2005	Aubervilliers, rue des Gardinoux	5 525		3 000	4,5	12
Interxion Par 3	2007	Saint-Denis, avenue des Arts-et-Métiers	4 781	4 123	2 000	5	15
Equinix PA 2	2007	Saint-Denis, rue Ambroize-Croizat	56 340	54 597	6 300	10	30
Equinix PA 3	2007	Saint-Denis, rue Ambroize-Croizat			6 700	11	30
Equinix PA 5	2007	Aubervilliers, rue Victor-Hugo	2 310		1 250	2	5
Equinix PA 6	2008	Aubervilliers, rue Waldeck-Rochet	10 700	14 000	4 600	7,4	28
Atos 3	2009	Saint-Ouen, rue Dieumegard			3 600	5	15
Interxion Par 5	2009	Saint-Denis, avenue des Arts-et-Métiers	6 027	7 433	4 200	10,55	30
SFR Netcenter	2011	Aubervilliers, rue de la Motte			600	1	3,5
Interxion Par 7	2011 – extension 2018	La Courneuve, rue Rateau	18 293		9 000	30	64

Colony Capital/Data 4	2011 (projet abandonné)	Aubervilliers, rue Léopold-Réchossière	15 500				60
Orange		Aubervilliers, rue de la Motte					13
Interxion Par 8	2022 – trois extensions en cours de construction	La Courneuve, avenue Marcel-Cachin	67 603	115 000	43 200	19 (à terme 85)	130

Tableau réalisé depuis Cécile Diguet, Fanny Lopez (dir.), *L'Impact énergétique et spatial des data centers sur les territoires*, rapport Ademe, 2019, p. 38.

La construction d'un poste source – permettant d'accroître la puissance électrique distribuée sur un territoire donné – est très coûteuse et s'inscrit dans une planification électrique à long terme du fournisseur d'électricité. Cela ne peut se faire, comme les acteurs le répètent à l'envi, « en claquant des doigts ». Les délais étant trop longs pour Data4, le projet d'Aubervilliers est abandonné et le *datacenter* est finalement installé au sud de Paris, à Marcoussis. Comment alors expliquer qu'un autre opérateur – Interxion – soit parvenu à réaliser des installations avec des demandes de puissance au moins aussi élevées ? Une première réponse tient dans le travail de prospection de l'opérateur : ce dernier est parvenu à identifier des espaces plus éloignés du cœur de La Plaine Saint-Denis, où avaient lieu les premières installations de *datacenters*, pour se raccorder à d'autres postes de distribution électrique.

Cette première réponse ne doit pas invisibiliser les efforts technologiques mis en œuvre par l'opérateur. En effet, au cours des années 2010, Interxion intègre des compétences de transformation d'électricité dans la réalisation de ses *datacenters*, ce qui lui permet de contourner Enedis en raccordant certains de ses *datacenters* directement à RTE [Diguet, Lopez, 2019]. Ainsi, l'opérateur réalise plusieurs projets dans lesquels il négocie directement avec RTE en construisant lui-même un poste source sur la parcelle d'installation du *datacenter*. C'est le cas à La Courneuve où les 60 000 m² de *datacenters* s'appuient sur 50 MW réservés auprès d'Enedis et 80 MW auprès de RTE que l'opérateur transforme lui-même, tout comme à Marseille, et prochainement aux Ulis (au sud de Paris). À l'instar d'Interxion, d'autres opérateurs tels que Data4 ont finalement adopté cette pratique pour faciliter et accélérer le

développement de grands projets. Ces exemples ne sont pas sans susciter des interrogations sur la capacité qu'acquièrent des opérateurs privés pour participer à l'aménagement électrique du territoire.

Seuils administratifs et acquisition de compétences technologiques s'entremêlent dans la croissance des entreprises pour faire advenir des entités industrielles massives, capables de rivaliser avec les pouvoirs publics sur un territoire donné. Christian Fauré le remarquait déjà en 2009 au sujet des Gafam [Fauré, 2009] : les grandes entreprises du numérique, en ayant massifié et donc industrialisé leurs activités, ont acquis une telle force de frappe technologique et financière qu'elles étendent leur périmètre d'intervention au point de changer leur nature. Google (qui par exemple investit aujourd'hui aussi dans la recherche en biotechnologie) pose à l'heure actuelle ses propres câbles sous-marins et entend produire son électricité, 100 % « renouvelable », grâce à un parc mondialisé d'éoliennes et de panneaux solaires dont les nécessaires fluctuations climatiques seront gérées algorithmiquement [Ensmenger, 2021]. Ce constat n'est d'ailleurs aucunement spécifique à la dernière vague d'industrialisation par et pour le numérique : Nathan Ensmenger compare l'extension des activités d'Amazon aux pratiques d'intégration de la société de raffinage et de distribution de pétrole Standard Oil [Ensmenger, 2021]. Comme le notait déjà l'historien des techniques Thomas P. Hughes au sujet des grandes entreprises états-uniennes des débuts du XX^{e} siècle [Hughes, 1983, 1989], massifier une technologie sur un territoire que l'on industrialise, c'est produire une puissance politique proportionnellement mobilisable.

L'industrie vue par l'État : une pluralité de définitions et de critères

Nous avons pu observer que les pratiques d'industrialisation opèrent par franchissement de seuil pour gérer la montée en échelle d'une activité, ce qui n'est pas sans incidence sur la façon dont cette même activité peut être perçue par les interlocuteurs des acteurs économiques (comme les gestionnaires des réseaux électriques) ou ignorée par d'autres (comme la DGFEP). Revenons donc à notre discussion initiale : à quel moment une salle informatique, prise dans un processus d'industrialisation, peut-elle

être considérée comme un *datacenter* à vocation industrielle ? Il n'existe pas de réponse unanime à cette question et les critères mobilisés varient selon les États, comme en témoignent les travaux de la juriste en droit fiscal Clara Coudert [Coudert, 2019]. Ainsi, l'État suédois a déterminé en 2017 qu'une salle informatique est considérée comme un *datacenter* au-delà 0,5 MW de puissance électrique installée et destinée à l'informatique – c'est-à-dire hors climatisation. Ce critère n'est pas pour autant définitif, puisqu'il a été étendu en 2018 aux installations dont la capacité dépasse 0,1 MW. En revanche, dans l'État du Texas, c'est la superficie qui prévaut : un *datacenter* existe au-delà d'une surface établie de 9 920 m^2 (ce à quoi il faut ajouter divers sous-critères qualifiant les équipements techniques sur site). Ces définitions correspondent généralement à des seuils de défiscalisation et donnent à voir les types d'infrastructure que les États cherchent à attirer sur leur territoire. À titre d'exemple, en France, les *datacenters* qui consomment plus de 1 GW par heure par an sont considérés comme une industrie « électro-intensive » et bénéficient d'importants abattements fiscaux sur le prix de l'électricité.

Néanmoins, la fiscalité électrique n'est pas la seule réglementation à « dire » la nature des *datacenters*. Or, nous l'avons vu à l'ouverture de cet article, les *datacenters* font aujourd'hui l'objet d'une « crise des catégories » [Hermitte, 1999] qui les concernent : celles-ci entrent en contradiction, si bien qu'il devient très difficile pour les acteurs impliqués dans la construction et la gestion des infrastructures de savoir à quelle branche du droit se référer. Si l'on prête davantage attention aux enjeux d'aménagement des *datacenters*, on peut observer des tensions dans l'interprétation que les acteurs font du Code de l'urbanisme et du Code de l'environnement. Le premier associe explicitement les *datacenters* aux entrepôts, ce qui relève des établissements tertiaires, alors que le second met en avant des risques liés à l'utilisation de certains procédés ou substances. En l'occurrence, pour garantir à leurs clients une absence d'interruption en cas de panne électrique, les opérateurs de *datacenters* utilisent d'imposants groupes électrogènes alimentés par des cuves de fioul. Au-delà d'un certain seuil de fioul stocké [197], ils sont soumis à des

[197] « […] le projet sera soumis à autorisation si les groupes électrogènes dépassent une puissance cumulée de 50 MW (rubrique 3110) ou si le stockage enterré de fioul (rubrique 4734) est supérieur à 2 500 t. Entre 1 000 et 2 500 t de fioul, l'installation

procédures concernant les Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), ce qui relève d'une activité industrielle pour de nombreux acteurs.

Cette situation d'incertitude soulève des tensions qui concernent tant le choix des lieux d'implantation que les taxes foncières qui s'appliqueront aux activités, ce qui provoque un certain agacement chez les acteurs du monde économique des *datacenters*, qui peinent à se situer. En témoigne cette réaction du journaliste spécialisé Marc Jacob, suite à l'intervention intitulée « Industrialiser nos *datacenters* ? » du consultant Frédéric Charron :

> « Un mot qui devient grave et très embêtant pour tous les opérateurs de *datacenter*, c'est le mot "usine". Pour votre info, il y a quand même des gens, vous savez, à Bercy, qui n'ont rien à faire d'autre que d'analyser ce que disent les uns et les autres, et ils sont en train de penser à taxer tous les opérateurs de *datacenters*, parce que si on met le mot "usine" ça veut dire un type de taxation différente de celui d'opérateur de *datacenters*. Et je connais certains opérateurs qui ont mis deux ans à se battre avec les fonctionnaires de Bercy pour leur expliquer *qu'ils n'avaient pas de vraies usines au sens où on produit un bien matériel*, mais qu'ils avaient des salles informatiques où on ne produisait pas un vrai bien au sens d'une voiture, d'un stylo, ou je ne sais quoi. Donc, méfiez-vous quand même du mot "usine". » [198]

La parole de Marc Jacob souligne bien l'ambiguïté des critères qui permettent aux pouvoirs publics de définir une activité comme relevant de l'industrie ou non. En s'appuyant sur le Code général des impôts, il insiste sur la production d'un bien matériel. Cette définition simple a permis à des opérateurs initialement déclarés comme installations industrielles d'être reconnus comme établissements tertiaires, à l'instar d'un *datacenter* de l'entreprise Orange, requalifié en 2018, installé sur la communauté d'agglomération Seine-Eure. Cette requalification a occasionné une perte d'un million d'euros par an pour la communauté, mais Orange s'est défendu en invoquant une pratique d'homogénéisation fiscale

---

sera soumise à enregistrement. En dessous, seule une déclaration sera nécessaire. » lien [consulté le 23 mai 2022].

[198] Marc Jacob, rédacteur en chef de *Global Security Mag*, réaction à la conférence de Frédéric Charron « Industrialiser nos *Data Centers* ? », journée de conférences organisée par *Global Security Mag*, 2015, lien [consulté le 23 mai 2022]. Nous soulignons.

vis-à-vis de ces autres *datacenters* déclarés historiquement comme établissements tertiaires.

Ces conflits de déclaration sont loin d'être isolés, si bien que le réseau des financiers, gestionnaires, évaluateurs, manageurs des collectivités territoriales (Afigese) a mené un travail politique auprès des parlementaires pour revoir les modalités d'imposition des *datacenters* et d'autres infrastructures telles que les grandes plateformes logistiques [199]. Les débats parlementaires ont notamment abouti à la modification de l'article 1500 du Code général des impôts lors du vote du plan de loi de finances pour 2019, proposant une définition des bâtiments à caractère industriel qui ne s'appuie pas uniquement sur la production de biens matériels, mais aussi sur le coût des équipements techniques déployés :

> I-A Revêtent un caractère industriel les bâtiments et terrains servant à l'exercice d'une activité de fabrication ou de transformation de biens corporels mobiliers qui nécessite d'importants moyens techniques.
>
> Revêtent également un caractère industriel les bâtiments et terrains servant à l'exercice d'activités autres que celles mentionnées au premier alinéa du présent A qui nécessitent d'importants moyens techniques lorsque le rôle des installations techniques, matériels et outillages mis en œuvre est prépondérant.
>
> B.-1. Toutefois, dans les deux cas mentionnés au A, lorsque la valeur des installations techniques, matériels et outillages présents dans les bâtiments ou sur les terrains et destinés à l'activité ne dépasse pas un montant de 500 000 €, ces bâtiments et terrains ne revêtent pas un caractère industriel.
>
> [Article 1500, Code général des impôts, 2019]

Cette transformation du Code des impôts indique que les législateurs ont considéré l'insuffisance du critère de la production de biens matériels (présenté en 1-A, premier paragraphe) pour qualifier les activités industrielles et lui ont préféré l'établissement d'un seuil d'investissement immobilier. Néanmoins, dans les négociations avec les parlementaires, les termes de « *datacenter* » et de « plateforme logistique » qui étaient explicitement

[199] Marquet, 2019. Pour une analyse des transformations des entrepôts en plateformes logistiques et de leurs conséquences sur la santé des travailleurs, voir Gaborieau, 2016.

mentionnés par l'Afigese ont disparu de l'amendement [Marquet, 2019]. Il apparaît ainsi que la croissance des *datacenters* et l'intégration de dispositifs matériels divers (groupes électrogènes, cuves de fioul, systèmes de réfrigération) dans la perspective de répondre aux exigences de leurs clients (disponibilité permanente des données, sécurité) ont brouillé les seuils des catégories juridiques et administratives de ces installations, au point de faire advenir une « crise des catégories » [Hermitte, 1999] entre les différentes branches du droit concernées. L'harmonisation de ces catégories fait partie des revendications des porte-parole du secteur – en témoigne l'appel lancé par les représentants associatifs des entreprises du *datacenter* aux candidats à l'élection présidentielle française de 2022. Face aux problèmes d'identification administrative dont les centres de données font l'objet, la filière demande aux candidats de créer un code d'Activité principale exercée (APE) pour les *datacenters* [200], c'est-à-dire de clarifier leur situation dans la nomenclature d'activités utilisée par l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE) qui sert de référence pour de nombreuses administrations lorsqu'il s'agit de réglementer des activités.

Comme le notent les économistes David Flacher et Jacques Pelletan, « les nomenclatures apparaissent comme le résultat de compromis entre les besoins des économistes, décideurs politiques et entrepreneurs, d'une part, et le besoin d'un suivi dans le temps des principales statistiques » [Flacher, Pelletan, 2007, p. 16]. Dire qu'un *datacenter* est un équipement industriel fait ainsi sens pour ce secteur entrepreneurial en recomposition, mais aussi pour certains acteurs administratifs voulant réguler les conditions de développement de ce domaine stratégique émergent, faciliter son essor, gérer ses perspectives de croissance ou capter davantage sa valeur. Si toute métrique peut être légitimement discutée, l'important reste de saisir que ces stratégies gouvernementales d'imposition font état d'un problème taxinomique et, *in fine*, ontologique, engendré par l'expansion industrielle.

[200] « Présidentielle 2022 : les 7 propositions de France Datacenter », proposition 5, lien [consulté le 15 avril 2022].

Qui change d'échelle change d'essence

Comme le remarquait déjà l'anthropologue Michael Singleton : « qui change d'échelle change d'essence » [Singleton, 2007]. L'industrie ne se caractérise pas par la nature économique de ses activités (on peut penser à la division par secteur « primaire, secondaire ou tertiaire »), mais par l'échelle à laquelle celles-ci sont réalisées. Appuyer cinq secondes durant sur le bouton d'un ordinateur pour le faire physiquement redémarrer devient une activité d'ordre industriel (d'ailleurs facturée par les *datacenters*) lorsqu'il s'agit de la réaliser plusieurs milliers de fois consécutivement. Qu'il s'agisse de tricoter des chaussettes, de répondre au téléphone ou de cuire des haricots, toute activité humaine est susceptible d'être industrialisée. Dès lors qu'elle se massifie, elle change de nature, au sens où elle implique en retour de nouvelles contraintes de réorganisation des sociétés (division du travail, stratification socio-technique, prolétarisation, extension des marchés) et des écosystèmes (concentration des implantations, gestion optimisée des ressources naturelles) pour être réalisée industriellement.

Néanmoins cette relation entre échelle et nature est aussi ambiguë. Si l'on change de perspective et que l'on adopte le regard du client, de l'utilisateur final ou du consommateur d'un bien ou d'un service, l'activité peut sembler n'avoir aucunement été modifiée. Cette perspective est en général adoptée par les travaux des *Science and Technology Studies* portant sur la scalabilité : la différence entre Sears et Amazon, nous dit Ensmenger, ne serait pas une différence de nature, mais d'échelle [Ensmenger, 2021, p. 30]. Nous pensons à l'inverse qu'essentialiser la distinction entre échelle et nature empêche de saisir pleinement le phénomène industriel : au-delà d'un certain seuil (dont le chiffrage exact, toujours arbitraire, est invariablement négocié par les acteurs au sein de la continuité du réel), tout changement de degré devient un changement de nature. Comme Anna Tsing le montre au sujet des plantations de canne à sucre [Tsing, 2012], pour maintenir un projet à l'identique face à l'explosion des volumes et des marchés, il faut nécessairement réorganiser le monde matériellement, culturellement et réglementairement. Notre recherche offre quelques perspectives pour comprendre comment les acteurs en prise avec la croissance des *datacenters* s'efforcent de résoudre les

problèmes posés par cette montée en échelle. Nous donnons ainsi à voir une partie des réorganisations du monde sur lesquelles repose la massification des données et la scalabilité des services et plateformes numériques, du paiement des impôts en ligne à la réservation d'un véhicule via la plateforme Uber. Pour donner l'illusion d'un produit ou d'un service inchangé en aval, il faut recomposer fortement les sociétés et les environnements en amont. Finalement, l'industrialisation nous renvoie à cette formule saisissante de l'écrivain italien Giuseppe Tomasi di Lampedusa : « si nous voulons que tout continue, il faut d'abord que tout change » [Tomasi di Lampedusa, 1959, p. 35].

Guillaume Carnino est maître de conférences en histoire des sciences et techniques. Dix-neuvièmiste, il s'intéresse aux fondements épistémologiques et industriels de la technologie. Plus largement contemporanéiste, il travaille sur l'histoire de la quantification et de l'informatique, notamment des datacenters. Il a publié *L'Invention de la science. La nouvelle religion de l'âge industriel* (Paris, Seuil, 2015) et coordonné, avec Liliane Hilaire-Pérez et Aleksandra Kobiljski, *Une Histoire des techniques. Mondes, sociétés, cultures, XVI^e^-XVIII^e^ siècles* (Paris, Presses universitaires de France, 2016).

Clément Marquet est postdoctorant en sociologie au Centre Alexandre-Koyré (EHESS), sur une bourse de l'Alliance Sorbonne Université, en partenariat avec l'université de technologie de Compiègne. Ses travaux portent sur les infrastructures numériques, leur rôle dans l'aménagement urbain et leurs conséquences environnementales. Actuellement, il mène une recherche sur les enjeux politiques et économiques de la mise en chiffre de l'empreinte environnementale du numérique.

Article publié dans la revue *Artefact* n°17, 2022.
URL : http://journals.openedition.org/artefact/13419

Sources et bibliographie

Bakis Henry, « Les facteurs de localisation d'un nouveau type d'établissements tertiaires : les datacentres », Netcom, vol. 27, no 3-4, 2013, p. 351-384.

Cardon Dominique, Casilli Antonio A., Qu'est ce que le digital labor ?, Bry-sur-Marne, Éditions INA, 2015.

Carnino Guillaume, Marquet Clément, « Du mythe de l'automatisation au savoir-faire des petites mains : une histoire des datacenters par la panne », Artefact. Techniques, histoire et sciences humaines, no 11, 2019, p. 163-190.

Carnino Guillaume, Marquet Clément, « Les datacenters enfoncent le cloud : enjeux politiques et impacts environnementaux d'internet », Zilsel, vol. 3, no 1, 2018, p. 19-62.

Coudert Clara, « La fiscalité des datacenters, un marqueur de la souveraineté numérique », Revue de droit fiscal, no 5, 2019, p. 1-6.

Diguet Cécile, Lopez Fanny (dir.), L'Impact énergétique et spatial des data centers sur les territoires, rapport Ademe, 2019.

Diguet Cécile, Lopez Fanny, « Territoires numériques et transition énergétique : les limites de la croissance », Sciences Po. Cities and Digital Technology Chair. Working Paper, no 4, 2019.

Ensmenger Nathan, « The Cloud is a Factory », dans Mullaney Thomas S., Peters Benjamin, Hicks Mar, Philip Kavita (dir.), Your Computer Is on Fire, Cambridge, MIT Press, 2021, p. 29-49.

Estecahandy Hugo, Limonier Kévin, « Cryptomonnaies et puissance de calcul : la Sibérie orientale, nouveau territoire stratégique pour la Russie ? », Hérodote, vol. 177-178, no 2-3, 2020, p. 253-266.

Fauré Christian, « Dataware et infrastructure du cloud computing », dans Stiegler Bernard, Giffard Alain, Fauré Christian, Pour en finir avec la mécroissance. Quelques réflexions d'Ars industrialis, Paris, Flammarion, 2009, p. 217-278.

Flacher David, Pelletan Jacques, « Le concept d'industrie et sa mesure : origines, limites et perspectives. Une application à l'étude des mutations industrielles », Économie et statistique no 405-406, 2007, p. 13-46.

Flipo Fabrice, L'Impératif de la sobriété numérique. L'enjeu des modes de vie, Paris, Matériologiques, 2020.

Gaborieau David, « Des usines à colis : trajectoire ouvrière des entrepôts de la grande distribution », thèse de doctorat en sociologie, sous la direction de Marc Loriol, université Paris 1, 2016.

Hermitte Marie-Angèle, « Le droit est un autre monde », Enquête, no 7, 1999, p. 17-37.

Hogan Mél, « The Data Center Industrial Complex », dans Jue Melody, Ruiz Rafico (dir.), Saturation: An Element Politics, New York, Duke University Press, 2021, p. 283-305.

Holt Jennifer, Vonderau Patrick, « "Where the Internet Lives". Data Centers as Cloud Infrastructure », dans Parks Lisa, Starosielski Nicole (dir.), Signal Traffic. Critical Studies of Media Infrastructures, Urbana, University of Illinois Press, 2015, p. 71-93.

Hughes Thomas P., American Genesis. A Century of Invention and Technological Enthusiasm, 1870-1970, New York, Penguin, 1989.

Hughes Thomas P., Networks of Power. Electrification in Western Society, 1880-1930, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1983.
Marquet Clément, « Binaire béton. Quand les infrastructures numériques aménagent la ville », thèse de doctorat, sous la direction de Jérôme Denis, université Paris-Saclay, 2019.
Marquet Clément, « Ce nuage que je ne saurais voir. Promouvoir, contester et réguler les data centers à Plaine Commune », Tracés. Revue de sciences humaines, no 35, 2018, p. 75-98.
Musiani Francesca, « L'invisible qui façonne. Études d'infrastructure et gouvernance d'Internet », Tracés. Revue de sciences humaines, no 35, 2018, p. 161-176.
Pfotenhauer Sebastian, Laurent Brice, Papageorgiou Kyriaki, Stilgoe Jack, « The Politics of Scaling », Social Studies of Science, vol. 52, no 1, 2022, p. 3-34.
Pickren Graham, « The Factories of the Past Are Turning Into the Data Centers of the Future », Imaginations. Journal of Cross-Cultural Image Studies, vol. 8, no 2, 2017, p. 22-29.
Plantin Jean-Christophe, « The Data Archive as Factory. Alienation and Resistance of Data Processors », Big Data & Society, vol. 8, no 1, 2021.
Quet Mathieu, Flux. Comment la pensée logistique gouverne le monde, Paris, Zones, 2022.
Ribes David, « Ethnography of Scaling, or, How to Fit a National Research Infrastructure in the Room », CSCW'14. Proceedings of the 17th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing, 2014, p. 158-170.
Ribes David, Jackson Steven, Geiger Stuart, Burton Matthew, Finholt Thomas, « Artifacts That Organize. Delegation in the Distributed Organization », Information and Organization, vol. 23, no 1, 2013, p. 1-14.
Singleton Michael, « Croyance et décroissance », Entropia, no 3, 2007, p. 37-44.
Star Susan Leigh, Ruhleder Karen, « Steps Toward an Ecology of Infrastructure: Design and Access for Large Information Spaces », Information Systems Research, vol. 7, no 1, 1996, p. 111-134.
Tomasi di Lampedusa Giuseppe, Le Guépard, Paris, Seuil, 1959.
Tsing Anna Lowenhaupt, « On Nonscalability. The Living World Is Not Amenable to Precision-Nested Scales », Common Knowledge, vol. 18, no 3, 2012, p. 505-524.
Veltz Pierre, La Société hyper-industrielle. Le nouveau capitalisme productif, Paris, Seuil, 2017.

Textes disponibles sur le blog :

Et vous n'avez encore rien vu…

Critique de la science et du scientisme ordinaire

<http://sniadecki.wordpress.com/>